



Л. П. Рыжков

И. М. Дзюбук

Т. Ю. Кучко

ИХТИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ВОДОЕМАХ

Петрозаводск
2013

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Л. П. Рыжков

И. М. Дзюбук

Т. Ю. Кучко

ИХТИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ВОДОЕМАХ

*Учебное пособие
для студентов эколого-биологического
и агротехнического факультетов*

Петрозаводск
Издательство ПетрГУ
2013

УДК 597.2/5
59.087
ББК 28.6
Р939

Издается в рамках реализации комплекса мероприятий
Программы стратегического развития ПетрГУ на 2012—2016 гг.

Разработано в лаборатории экологических проблем Севера
Петрозаводского государственного университета

Рецензент:
д-р биол. наук, проф. *Ю. А. Шустов*

Рыжков, Л. П.

Р939 Ихтиологические исследования на водоемах : учеб. пособие
для студентов эколого-биологического и агротехнического фа-
культетов / Л. П. Рыжков, И. М. Дзюбук, Т. Ю. Кучко. — Петро-
заводск : Изд-во ПетрГУ, 2013. — 72 с.
ISBN 978-5-8021-1942-6

Учебное пособие разработано на основе многолетнего опыта эксперименталь-
ных работ и обобщения современных литературных материалов по различным ви-
дам рыб, используемых в качестве объектов в ихтиологических исследованиях.

Подробно освещены методы сбора ихтиологического материала на водоемах,
измерения и оценки размерно-весовых параметров рыб, определения пластических
и меристических признаков, отбора проб для определения возраста рыб. описы-
ваются способы вскрытия рыб и изъятия внутренних органов, определения их линей-
ных и весовых показателей, пола, плодовитости и стадии зрелости половых продук-
тов. Приведены основные способы первичной статистической обработки.

Учебное пособие предназначено для учебно-практических работ, выполняемых
студентами-биологами, экологами, рыбоведами и зоотехниками, а также для спе-
циалистов, работающих в рыбохозяйственной отрасли.

УДК 597.2/5
59.087
ББК 28.6

© Рыжков Л. П., Дзюбук И. М., Кучко Т. Ю.,
2013

© Петрозаводский государственный
университет, 2013

ISBN 978-5-8021-1942-6

Оглавление

| | |
|--|----|
| Введение | 4 |
| Глава 1. Место рыб в системе животного мира, происхождение и эволюция | 6 |
| Глава 2. Экологическая классификация рыб | 10 |
| Глава 3. Специфика внешнего строения рыб как водных животных | 15 |
| Глава 4. Отлов и камеральная обработка ихтиологического материала | 23 |
| Глава 5. Пластические и меристические признаки рыб | 27 |
| Глава 6. Особенности роста рыб и определение их возраста | 32 |
| Глава 7. Внутреннее строение рыб | 36 |
| Глава 8. Использование метода морфо-физиологических индикаторов в ихтиологических исследованиях | 46 |
| Глава 9. Определение пола, стадии зрелости половых продуктов и плодовитости | 55 |
| Глава 10. Жирность, упитанность и индекс наполнения кишечника | 62 |
| Глава 11. Статистическая обработка материалов | 64 |
| Список литературы | 69 |

Введение

В настоящее время объем рыбного промысла в России стабилизировался на уровне 4,2 млн. тонн и ожидать его существенно увеличения в ближайшие годы не имеется оснований. Основным путем получения рыбной продукции становится аквакультура, объемы которой могут в течение 5—8 лет увеличиться в 3 раза и достигнуть величины 400—500 тыс. тонн. В этих условиях особое значение приобретают знания о жизни рыб в различных условиях обитания, их поведении, строении, функционировании и так далее. Такие знания дает ихтиологическая наука, изучающая внешние признаки и внутреннее строение рыб (морфологию и анатомию), особенности их индивидуального развития (эмбриологию), систематику, эволюцию и филогению (формирование и развитие видов, родов, семейств, отрядов), географическое распространение (зоогеографию) и отношение рыб к внешней среде — неорганической и органической (экологию).

Возможностям использования этих знаний в аквакультуре, их систематизации и методам получения посвящено настоящее учебное пособие. В нем рассказывается об экологической классификации рыб и особенностях их внешнего строения для существования в водной среде. В пособии показаны наиболее эффективные способы отлова и методы камеральной обработки собранного ихтиологического материала, рассказано о пластических и меристических признаках рыб, об особенностях роста рыб и определении их возраста. Особое внимание уделено внутреннему строению рыб и возможностям использования метода морфофизиологических индикаторов для оценки состояния внутренних органов и организма в целом. Описаны методы определения пола рыб, их плодовитости и стадии зрелости половых продуктов. Уделено внимание понятиям и методам определения жирности и упитанности рыб, способам оценки наполнения пищеварительного тракта. Заканчивается этот обширный обзор описанием методов статистической обработки исследуемых материалов и их анализа. Приводится обширный список литературы.

Пособие целесообразно использовать для практических занятий студентами и аспирантами, также оно может быть полезно для преподавателей и специалистов-рыбоводов. Изучив предлагаемое учебное пособие, можно не только получить дополнительные знания в области ихтиологии, но и научиться использовать их на практике.

Глава 1. Место рыб в системе животного мира, происхождение и эволюция

Рыбы относятся к низшим черепным позвоночным, как правило, постоянно живущим в воде и дышащим при помощи специальных органов газообмена — жабр. Обычный способ передвижения у рыб — плавание, причем главным органом движения служит хвостовая часть туловища с хвостовым плавником; реже — парные и непарные плавники, обычно играющие роль направляющих килей, способствующих правильности продвижения рыбы в определенном направлении и посадки ее тела при плавании.

В системе животного мира рыбы занимают самое низкое место среди многоклеточных позвоночных организмов. Они относятся к типу хордовые Chordata, подтипу позвоночные Vertebrata или черепные Craniata и надклассу челюстноротые Gnathostomata (рис. 1).

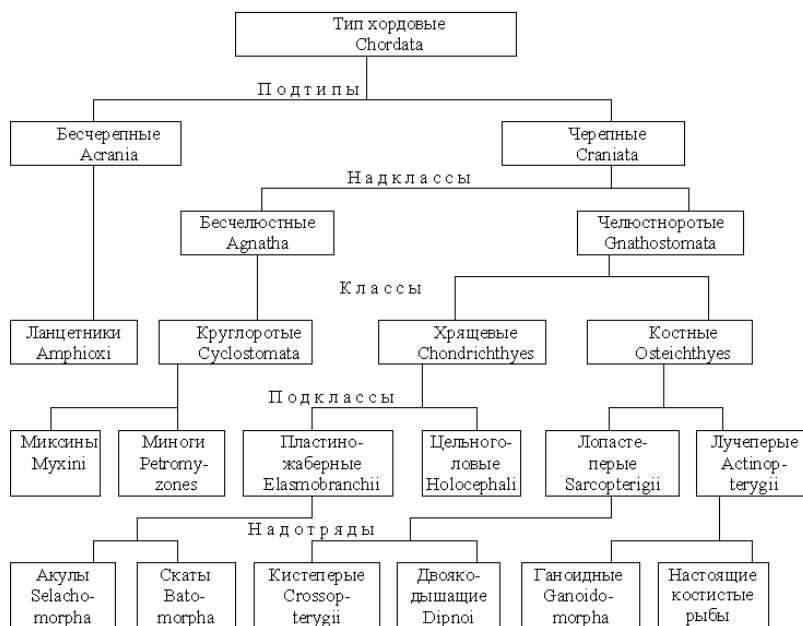


Рис. 1. Современная классификация рыб

Выше рыб стоят земноводные Amphibia, пресмыкающиеся Reptilia, птицы Aves и млекопитающие Mammalia. Ниже располагаются бесчелюстные Agnatha — миксины и миноги (нет настоящих челюстей и парных конечностей), бесчерепные Acranialia — ланцетник (нет головного мозга и черепной коробки) и оболочники Tunicata — асцидии, сальпы и аппендикулярии (близки к бесчерепным, закладка хорды происходит только на личиночной стадии развития).

Предполагается, что рыбы обособились от живших в пресных водоемах примитивных бесчелюстных птераспидоморф (Pteraspidomorphi) в начале силура (440—410 млн. лет назад), потомки которых эволюционировали в двух различных направлениях.

Одна ветвь (Agnatha — бесчелюстные) шла по пути развития энтодермических жаберных мешков, жаберного скелета в виде сложной поверхностно расположенной решетки, сосущего рта, лишённого челюстей, и в дальнейшем дала начало круглоротым.

Эволюция другой ветви (Gnathostomata — челюстноротые) шла по пути развития эктодермических жабр, расчленения жаберных дуг и превращения передних из них в челюсти хватательного типа, прогрессивного развития головного мозга и органов чувств (обоняния, слуха, зрения и др.), образования парных плавников.

От первичных, пока неизвестных примитивных челюстноротых, произошли панцирные (Placodermi) и челюстножаберные (Aphetohyoidi) рыбы, которые в девоне (410—360 млн. лет назад) распространились по морям и полностью вымерли к началу каменноугольного периода ($358,9 \pm 0,4$ млн. лет назад).

Вероятно, от каких-то примитивных челюстножаберных в начале девона обособились хрящевые рыбы (кл. Chondrichthyes), которые разделились на два подкласса: пластиножаберные — Elasmobranchii (средний девон) и цельноголовые — Holocerphali (конец девона — начало карбона). Они жили в морях и питались донными беспозвоночными.

Отличительным признаком хрящевых рыб является сохранение хрящевого скелета на протяжении всей жизни. Кожа их по-

крыта наиболее примитивной (ганоидной или плакоидной) чешуей, реже голая. Жаберных щелей относительно много — 5—7. Парные плавники расположены горизонтально. Плавательный пузырь отсутствует. Для некоторых характерно внутреннее оплодотворение и яйцеживорождение.

В юрском периоде (201—145 млн. лет назад) произошла дифференцировка пластиножаберных рыб на две группы: акулы (*Selachomorpha*) и скаты (*Batomorpha*).

Другая группа примитивных челюстножаберных дала начало костным рыбам (кл. *Osteichthyes*), которые разделились на два четко обособленных подкласса: лопастеперые — *Sacropterygii* (нижний девон) и лучеперые — *Actinopterygii* (средний девон).

У костных рыб скелет всегда в той или иной мере окостеневает. Межаберные перегородки редуцированы, и жаберные лепестки сидят непосредственно на жаберных дугах. Имеется костная жаберная крышка, прикрывающая снаружи жаберный аппарат. У большинства видов есть плавательный пузырь (важный гидростатический орган), оплодотворение наружное.

В середине девона лопастеперые рыбы разделились на два надотряда, эволюционировавших в разных направлениях: кистеперые (*Crossopterygimorpha*) — активные хищники с сильно развитыми зубами, немногие виды населяли моря, большинство встречалось в пресных водоемах, и двоякодышащие рыбы (*Dipneustomorpha*), жившие в озерах и заводях рек всего земного шара, практически везде вымершие к концу палеозойской эры (250 млн. лет назад).

Становление лучеперых рыб проходило в реках с быстрым течением, где они приобрели способность к интенсивному маневренному плаванию. Впоследствии это позволило им, успешно конкурируя с другими рыбами, проникнуть в разные типы водоемов и широко распространиться в морях.

В триасе (248—213 млн. лет назад) от лучеперых произошли ганоидные (*Ganoidomorpha*) рыбы мелких и средних размеров и разнообразной формы. Хвостовой плавник у них гетероцеркальный, верхняя лопасть частично покрыта ганоидной чешуей. Моз-

говая коробка либо окостеневала, либо (у немногих поздних форм) оставалась в значительной степени хрящевой, но с покровными костями.

Настоящие костистые рыбы (Teleostei) обособились от костных ганоидов в среднем триасе. В мелу (145—66 млн. лет назад) они стали многочисленными и достигли расцвета в кайнозойскую эру (началась 66,0 млн. лет назад).

Современные костистые рыбы объединяются в 8—10 надотрядов, включающих 30—40 отрядов с примерно 20 тыс. ныне живущих видов (свыше 90 % всех современных видов рыб).

Глава 2. Экологическая классификация рыб

В основу экологической классификации рыб могут быть положены два исходных момента: их отношение к солености водной среды и приуроченность к характерным экологическим зонам водоема.

По отношению к солености выделяют четыре экологические группы рыб.

Пресноводные (жилые или туводные) рыбы — весь жизненный цикл проходит в пресной воде. К ним относятся: *реофильные* рыбы, которые обитают в текучей воде (форель, хариус), *лимнофильные* — обитают в стоячей воде озер и прудов (карась) и *общепресноводные* — обитают в текучей и стоячей воде (плотва, щука). Некоторые виды заходят в солоноватые воды (синец, густера).

Проходные рыбы (125—130 видов) — это рыбы, которые часть жизни обитают в морской воде, а другую часть — в пресной. Среди них выделяют: *трофически морских* рыб, которые нагуливаются в море, а размножаются в реках (лососевые, осетровые) и *трофически пресноводных* — нагуливаются в реках, размножаются в море (речной угорь). Некоторые проходные рыбы могут образовывать жилые формы (озерный лосось).

Солоноватоводные рыбы — это рыбы, обитающие в воде с пониженной соленостью. Они делятся на *полупроходных* рыб, которые нагуливаются в солоноватых предъустьевых районах морей, а нерестятся в реках (лещ, сазан, сом) и *собственно солоноватоводных* — живут в солоноватой воде лиманов, в наших внутренних морях: Каспийское, Азовское и т. д. (сельди).

Морские рыбы (около 11,6 тыс. видов) — это рыбы, которые в течение всей жизни обитают в воде с высокой соленостью, а в пресной воде гибнут.

По приуроченности к характерным экологическим зонам водоема выделяют три экологические группы рыб:

Литоральные (или прибрежные) — обитают в водах континентального шельфа и водах, прилегающих к островам. Они под-

разделяются на *пелагических* (или *неристических*) — обитают в толще воды (мойва), *придонных* — живут в непосредственной близости от дна (бычки, зубатки) и *донных* — большую часть жизненного цикла проводят на дне (камбалы, палтусы, скаты).

Этипелагические — обитают в верхних слоях пелагиали открытого океана. Нижняя граница — слой температурного скачка — около 200 м. Некоторые из них проводят вдали от берегов часть своей жизни, приближаясь к берегу только для нереста (тунец, скумбрия, сайра).

Глубоководные — населяют склон и ложе океана, а также толщу воды от нижней границы эпипелагиали (около 2 тыс. м). Среди них также выделяют придонных, донных, пелагических, мезопелагических (до 2000—3000 м), абиссопелагических (более 3000 м) и абиссальных.

Рыбы относятся к пойкилотермным животным, температура их тела зависит от температуры окружающей среды. Поэтому ***по способности переносить колебания температуры*** рыбы разделяются на две группы:

Эвритермные — приспособились к жизни в изменяющихся условиях и переносят широкие колебания температуры (щука, окунь, сазан, карп, карась, линь и др.).

Стенотермные — обитатели тропической и полярной зон, а также больших глубин, где температура меняется мало. Их эволюция проходила в более или менее стабильных условиях.

По диапазону температур, при котором возможна нормальная жизнедеятельность, рыб также разделяют на две группы:

Теплолюбивые — рыбы нашей фауны, такие как сазан, карп, карась, линь, растительныеядные, осетровые и др., питаются наиболее интенсивно при температуре 17—28 °С, при пониженной температуре их пищевая активность ослабевает, а у ряда рыб на зиму прекращается, и они проводят зиму в малоподвижном состоянии в глубоких местах водоема; размножаются в теплое время года — весной и летом.

Холодолобивые — оптимальные температуры для роста этих рыб изменяются в пределах 8—16 °С. Зимой они продолжают

питаться, нерест проходит осенью и зимой (сиги, белорыбица, лосось, ручьевая форель и др.). При высоких температурах (более 20 °С) их активность уменьшается. В пределах этих больших групп выделены более узкие экологические группы в связи с особенностями размножения, питания и др.

В зависимости от условий нереста (выбор нерестового субстрата) выделяют пять экологических групп рыб:

Литофилы — откладывают икру на каменистый и песчано-галечный грунты рек, озер или прибрежных участков морей, в местах, богатых кислородом (осетровые, лососевые, сиги, кубанский рыбец, шемая).

Фитофилы — размножаются среди растительности, откладывая икру в стоячей или слаботекущей воде на отмершие или вегетирующие растения, иногда и на свежезалитую луговую мягкую растительность. При этом кислородные условия могут быть разными (щука, сазан, плотва, окунь, лещ, вобла, тарань, карась, линь, буффало и др.).

Псаммофилы — откладывают икру на подмытые корни растений, по краям зарослей на участках с песчаным дном или на песке в местах, богатых кислородом. Часто оболочки икринок инкрустируются песком (гольцы, пескари, щиповки).

Пелагофилы — выметывают икру в толще воды (чехонь, белый и пестрый толстолобики, белый и черный амур, пиленгас, тресковые, некоторые ельцы).

Остракофилы — откладывают икру в местах скопления двусторчатых моллюсков, которая потом развивается в их мантийной полости (горчаки).

Есть виды, которые образуют промежуточную группу, так как в зависимости от конкретных условий приспособились откладывать икру на различный субстрат. Например, язь может откладывать икру на каменистые грунты и на растения, судак и корюшка — на песок или растительность, а рыбец может нереститься на растительности и на камнях.

По срокам икрометания рыбы нашей фауны разделяют на *весенне-нерестующих* (сельди, радужная форель, щука, окунь,

плотва, орфа), *летне-нерестующих* (сазан, карп, линь, красноперка) и *осенне-зимне-нерестующих* (многие лососи, сиви, налим, навага). Это деление в известной мере условно, так как один и тот же вид в разных районах нерестится в разное время.

По продолжительности периода икрометания выделяют две группы рыб: с *единовременным икрометанием* — икра откладывается сразу (большинство рыб) и с *порционным икрометанием* — икра выметывается порциями с промежутками в 7—10 дней (сельди, ерши, рыбы тропиков и субтропиков).

В зависимости от преобладающей пищи в рационе и способа питания выделяют растительноядных рыб или *фитофагов* — питаются растениями (сазан, амур, толстолобик, красноперка); *бентофагов* — питаются бентосными организмами (налим, камбала); *планктофагов* — питаются планктонными организмами (лещ, плотва, сельдь); *детритофагов* — питаются детритом (ерш, каспийская храмуля) и *хищников* — питаются рыбой (щука, окунь, судак).

Такое деление относительно: многие виды имеют смешанное питание (сазан) и при смене условий могут переходить с одного вида корма на другой.

По типу добычи пищи выделяют шесть групп рыб:

Активные охотники или хищники-рейдеры — ведут поиск пищи на широких просторах морей, как правило, одиночки, но могут собираться в стаи для питания (акулы, крупные осетровые, тунцы).

Мирные пастбищники-кочевники — питаются планктоном или мелкими стайными рыбами, как правило, это стайные рыбы (сельди, анчоусы).

Подкарауливатели-преследователи — нападают на добычу стремительно, но коротким броском, редко преследуют (щука). Это, как правило, одиночки.

Подкарауливатели-засадчики — чаще обитатели дна, обладающие сплюснутым телом, большим ртом и маскирующей окраской (скат, камбала).

Мирные донники-бентоседы — питаются различными обитателями дна (угри, вьюны). Обычно одиночки.

Стайные бентоседы-пастбищники-кочевники — совершают сезонные кормовые миграции, держатся крупными стаями (карповые).

Глава 3. Специфика внешнего строения рыб как водных животных

Водный образ жизни рыб обусловил ряд особенностей их внешнего строения. Многие выработанные приспособления направлены на ослабление сопротивления течению воды и трения тела об воду (форма тела, плавники, чешуя, выделение слизи и др.).

Тело рыб можно разделить на 3 отдела: *головной* — от начала рыла до конца жаберной крышки, *туловищный* — от конца головы до анального отверстия и *хвостовой*, включающий хвостовой стебель с хвостовым плавником. Также выделяют парные и непарные плавники.

Форма тела рыб может быть разнообразной (рис. 2). Чаще всего она зависит от их биологии и местообитания. У рыб, которые держатся в толще воды и совершают стремительные броски при охоте на добычу (щука, сайра, сарган), форма тела *стреловидная* — туловище вытянуто, равномерной высоты, голова сжата с боков, непарные плавники отодвинуты назад. У хороших плавцов, которые совершают длительные миграции в поисках пищи и нерестилищ (лососевые, тресковые, сельдевые, и др.), форма тела *торпедовидная* — туловище утолщено спереди, слегка сжато с боков и утончено сзади, тело обтекаемое, голова заострена. У малоактивных рыб, ведущих придонный образ жизни (сазан, карп, лещ и др.), тело *уплощенное*, оно сильно сжато с боков, высокое и узкое, а у донных рыб — *плоское* (скат, камбала, палтус). *Змеевидная* форма тела у представителей круглоротых и рыбообразных — миног и миксин. *Лентовидная* форма тела встречается у рыбы-сабли, сельдяного короля — туловище вытянутое и сжатое с боков в виде ленты, передвижение происходит изгибанием всего тела. Встречаются рыбы с *шаровидной* формой тела — рыба-еж, пинагор, кузовок, они, как правило, плохие плавцы. У некоторых рыб форма тела может носить промежуточный характер.

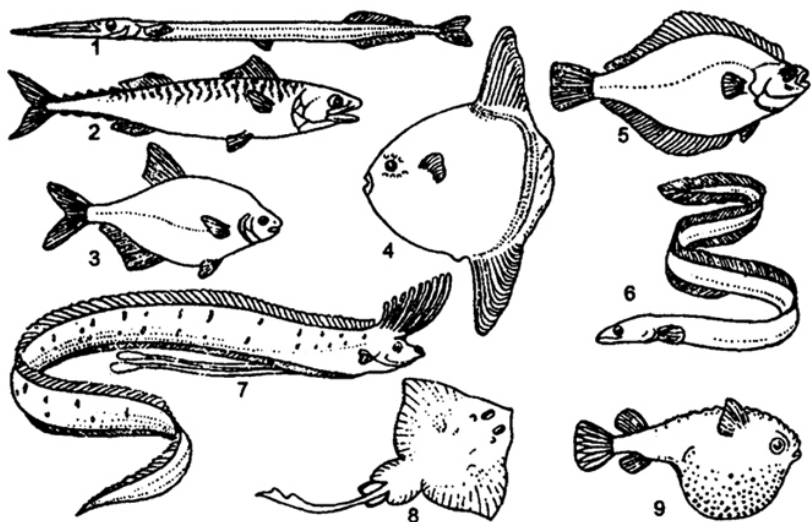


Рис. 2. Различные формы тела рыб (по Г. В. Никольскому, 1974):

- 1 — стреловидная (сарган); 2 — торпедовидная (скумбрия);
 3 — сплюснутая с боков (лещ); 4 — тип луны-рыбы; 5 — тип камбалы; 6 — змеевидная (угорь); 7 — лентовидная (сельдяной король); 8 — плоская (скат); 9 — шаровидная (кузовок)

На голове рыб различают: *рыло* — пространство от начала головы до переднего края глаза, *щеки* — участки от глаз до заднего края правой и левой предкрышечных костей, *лоб* — промежуток между глазами и *горло* — пространство от жаберной перепонки до грудных плавников.

В головной части расположены: *рот*, *ноздри* — два мешочка, не сообщаются с полостью рта и глотки, служат для обоняния, *глаза* — орган зрения, лишены век, покрыты прозрачной кожей, *жаберные крышки* — прикрывают жаберный аппарат, *брызгальца* — остатки нефункционирующей жаберной щели, расположены позади глаз (у акул, скатов и осетровых).

В зависимости от способа питания и величины пищевых объектов расположение рта различно (рис. 3). Рот может быть верхний (чехонь), конечный (сельдь, елец), полунижний и нижний

(осетры, скаты). Некоторые рыбы имеют выдвижной рот, при помощи которого они добывают пищу в иле (сазан, карп, лещ, карась и др.), а у круглоротых рыб (миноги и миксины) функцию рта выполняет ротовая воронка, вооруженная роговыми зубами.

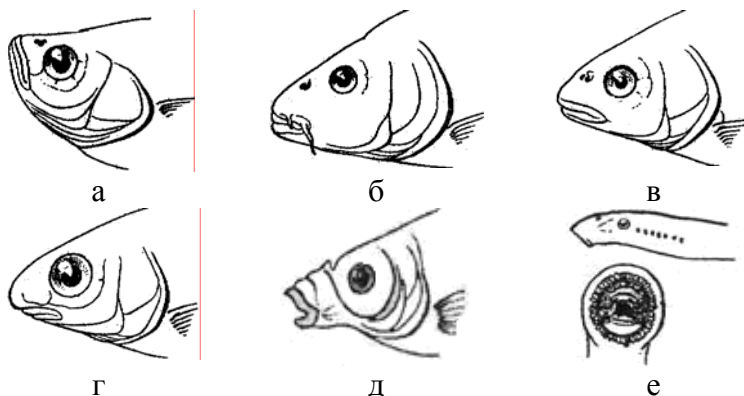


Рис. 3. Расположение рта на голове у разных видов рыб:
 а — верхний, б — конечный, в — полунижний, г — нижний,
 д — выдвижной, е — ротовая воронка

На голове и туловище рыб в большинстве случаев имеется **боковая линия**. Она отделяет спинную часть тела от брюшной. Это гидростатический орган рыб. Внешне она выглядит в виде ряда отверстий в чешуях.

Плавники являются характерной особенностью строения рыб. Выделяют: *парные* (грудные и брюшные) и *непарные* (спинной, анальный и хвостовой) *плавники*. У лососевых и сиговых видов рыб есть жировой плавник (без твердого скелета), а у скумбрии, тунца, сайры и некоторых других рыб — маленькие добавочные плавники (позади спинного и анального).

Плавники служат для передвижения — хвостовой плавник (выполняет роль гребневого винта и стабилизирует движение), для придания телу рыбы устойчивого положения — спинной и анальный плавники (выполняют роль киля), для равновесия, торможения и управления движением — грудные и брюшные плавники.

Все плавники костных рыб, кроме анального, состоят из костных лучей с натянутой на них перепонкой. Количество лучей в плавниках и их форма (колючие, мягкие неветвистые и мягкие ветвистые) служат видовым признаком при систематике рыб (рис. 4).

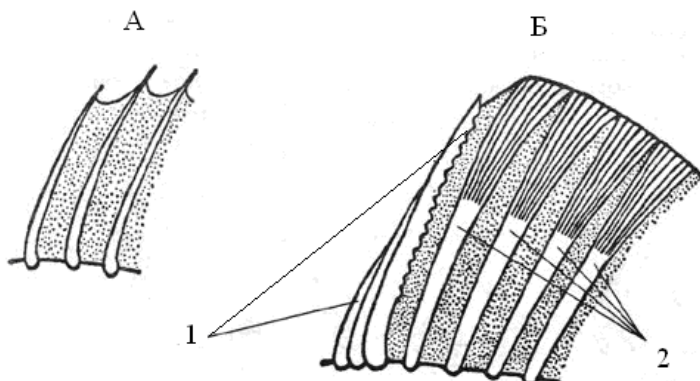


Рис. 4. Типы лучей в плавниках костистых рыб:
 А — колючие лучи; Б — мягкие лучи
 (1 — неветвистые, 2 — ветвистые)

Грудные плавники у рыб отсутствуют редко и располагаются, как правило, позади жаберных отверстий. Форма их до известной степени связана с формой хвостового плавника. Их длина тем больше, чем ближе они расположены к центру тяжести.

Брюшные плавники на теле рыб могут располагаться по-разному. В связи с этим выделяют «грудоперых» рыб — плавники сдвинуты в переднюю часть туловища, «брюхоперых» — располагаются по середине туловища, «горлоперых» — располагаются на горле (впереди грудных). Брюшных плавников может не быть, они могут сливаться и образовывать присоску (пиногоры), у акул и скатов их задние лучи превращаются в орган совокупления.

Спинной плавник у костистых рыб отсутствует редко. У парусников он очень большой, а у колночеперых рыб первые лучи спинного плавника или весь первый плавник представляют собой колючки, нередко снабженные ядовитыми железами.

Анальный плавник, как и спинной, служит килем, у некоторых рыб он необходим для движения (угорь, камбала), а у карпозубых — превращается в копулятивный орган для внутреннего оплодотворения.

Хвостовой плавник полностью отсутствует крайне редко. Его форма тесно связана с образом жизни рыб и особенно со способом плавания. Хорошими плавцами являются рыбы с полулунным, вилообразным и выямчатым хвостовым плавником. Менее подвижные рыбы имеют усеченный закругленный хвостовой плавник.

В зависимости от внешнего и внутреннего строения выделяют 4 типа хвостового плавника (рис. 5).

Протоцеркальный (первоначально симметричный) — свойствен многим ископаемым рыбам, встречается у всех видов рыб на стадии личинки, имеет симметричное строение (хорда проходит посредине плавника) и является предшественником всех других типов.

Гетероцеркальный (неравнолопастной или асимметричный) — свойствен многим хрящевым рыбам и осетрообразным. В плавнике нет симметрии, верхняя лопасть вытянута и в нее заходит позвоночный столб. От него произошли два остальных типа плавников.

Дифицеркальный (симметричный) — свойствен рыбам древнего происхождения (двоякодышащие, кистеперые и иногда костистые). Произошел при вторичном отклонении хорды или позвоночника вниз, верхняя и нижняя лопасти уравниваются в размерах, плавник повторяет форму позвоночного столба, средняя часть плавника вытянута.

Гомоцеркальный (ложносимметричный) — внешне равнолопастной, конец позвоночника заходит в верхнюю лопасть. Свойствен многим ныне живущим рыбам (окунь, карп, судак, карась, щука, растительные рыбы и др.).

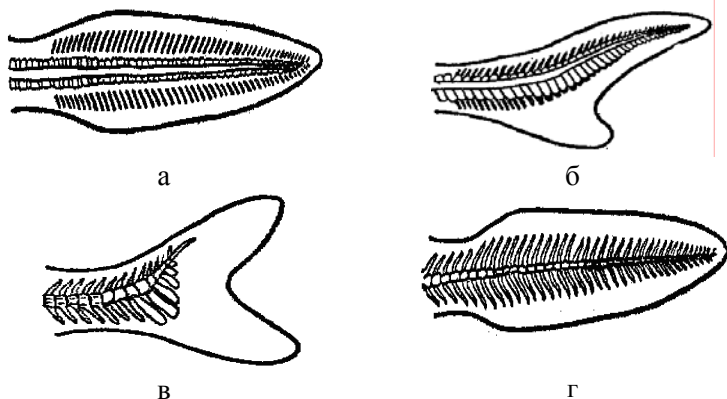


Рис. 5. Форма хвостового плавника:
 а — протоцеркальный, б — гетероцеркальный,
 в — дифицеркальный, г — гомоцеркальный

Кожа рыбы занимает пограничное положение между телом и внешней средой. Главным физиологическим значением ее является защита тела от вредных влияний (механических повреждений, химических веществ, бактерий и т. д.). Кожа состоит из двух слоев: наружного — эпидермиса и лежащего под ним соединительнотканного слоя — дермы (собственно кожа, кориум, кутис). Ниже собственно кожи располагается подкожная соединительная ткань или подкожная клетчатка — у многих рыб в ней откладываются жиры.

Эпидермис состоит из многослойного эпителия, наружный слой которого (кутикула) ороговеает. В эпидермисе содержатся слизеотделительные клетки: бокаловидные — открываются на поверхности, колбовидные — расположены в самой нижней части эпидермиса и зернистые — расположены в толще эпителия. Они выделяют слизистый секрет, покрывающий тонким слоем тело рыбы. Эта пленка способствует уменьшению трения при плавании, участвует в осморегуляции, препятствует проникновению в кожу болезнетворных организмов (защитный барьер). В определенном состоянии железы выделяют феромоны, стимулирующие брачное поведение.

Дерма состоит из трех слоев: верхнего сосочкового или субэпидермального, представленного рыхлой соединительной тканью, содержащего коллагеновые и эластиновые волокна, гистиоциты и пигментные клетки хроматофоры, сетчатого слоя, представленного плотной соединительной тканью, и базального, представленного одним слоем призматических клеток, которые митотически делятся и дают начало клеткам вышерасположенных слоев. В дерме также располагаются кровеносные сосуды и нервы.

Окраска тела рыб разнообразная, имеет приспособительное значение и зависит от места обитания рыбы, освещенности водоема, грунта и других факторов. Она может быть пелагической, зарослевой и донной.

Пелагическая окраска характерна для рыб, живущих в толще воды (сельди, анчоусы, уклея и др.). За счет синеватой или зеленоватой окраски спинки рыбы становятся менее заметными сверху, а серебристые бока и брюшко обеспечивают маскировку снизу.

Зарослевая окраска свойственна рыбам, живущим в зарослях или коралловых рифах (окунь, щука, морской ерш, губаны и др.). Их тело коричневатое, спинка зеленоватая или желтоватая с поперечными полосами или разводами на боках.

Донная окраска, как правило, у рыб, ведущих придонный или донный образ жизни (налим, камбала). У них спина и бока темные, а брюшко светлое. Если дно с галечным грунтом, то на боках могут быть черные пятнышки, что делает их малозаметными в прозрачной воде (молодь лосося, голянь). Для глубоководных рыб характерна черная или красная окраска, делающая их незаметными для хищников.

Окраска рыб не постоянна. Она может изменяться в процессе индивидуального развития и при смене мест обитания. Примером могут быть лососи, молодь которых живет в реке и имеет окраску, близкую к цвету русла, при скате в море приобретает пелагическую, а заходя в реку на размножение — вновь русловую окраску. В период размножения у рыб появляется брачная окраска, которая имеет приспособительное значение.

Тело у большинства рыб покрыто **чешуей** — защитными образованиями кожного происхождения. Различают ганоидную, плакоидную и костную (ктеноидную и циклоидную) чешую (рис. 6).

Ганоидная чешуя имеет вид ромбических твердых пластинок, тесно соединяющихся друг с другом, образуя панцирь, и сверху покрытых дентиноподобным веществом — ганоином. Такая чешуя имеется у панцирной щуки, сохраняется на хвостовом стебле и в виде жучек на теле у осетровых.

Плакоидная чешуя имеет широкое основание в виде ромбической пластинки и сидящий на нем шип. Чешуя состоит из твердого вещества дентина. Внутренняя полость пластинки снабжена кровеносными сосудами. Этот тип чешуи свойствен акулам и скатам.

Костная чешуя имеются у всех костных рыб. Ктеноидная — состоит из округлых тонких пластинок, которые на заднем крае имеют зазубрины. Циклоидная — гладкая без зазубрин. Костные чешуйки помещаются в кожных складках, черепацеобразно, наружным краем одна чешуйка налегает на другую.

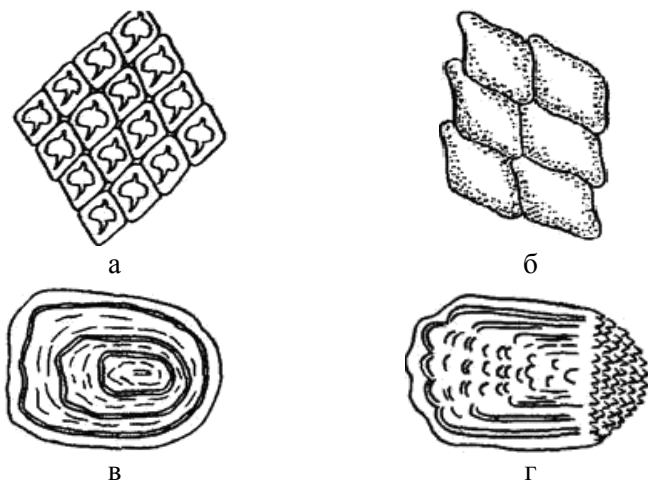


Рис. 6. Форма чешуи рыб:

а — плакоидная, б — ганоидная, в — циклоидная, г — ктеноидная

Глава 4. Отлов и камеральная обработка ихтиологического материала

При сборе ихтиологического материала для исследования важно учитывать биологические особенности различных видов рыб (условия нагула, время и места нереста, циклы развития, особенности роста и т. д.). Поэтому прежде, чем приступить непосредственно к отлову, необходимо изучить соответствующую литературу.

Если исследование проводится длительное время (несколько месяцев, год и более), то отлов рыбы желательно производить на одном и том же участке водоема, в одно и то же время суток. Наиболее удобное время отлова — раннее утро (летом в 5—6 часов утра), когда наблюдается один из пиков пищевой активности рыб. Это позволяет на одном и том же выбранном для сбора экспериментального материала участке отловить наибольшее количество рыб различных размеров и отобрать более достоверную среднюю пробу.

Личинок и мальков отлавливают при помощи специальных снастей: малькового круга с различной величиной ячеи дели (рис. 7 А) или прямоугольной ловушкой из мельничного газового полотна № 10 (рис. 7 Б).

Для отлова молоди в центр ловушки в качестве приманки помещается черствый хлеб или предварительно размоченная крупа. Затем ловушка опускается в воду в месте массового скопления мальков (личинок) и выдерживается в течение определенного времени (5, 10 и более минут). Для предупреждения всплывания с наружной стороны ловушки рекомендуется закреплять небольшой груз.

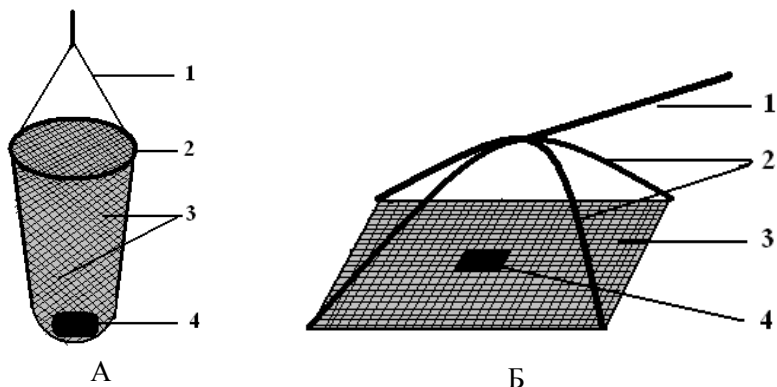


Рис. 7. Ловушки для личинок (А) и мальков (Б):

А: 1 — веревка, 2 — каркас из жесткой проволоки,
3 — дель с ячейёй на 2—3 мм;

Б: 1 — подъемное коромысло, 2 — дуги из жесткой проволоки,
3 — мельничный газ, 4 — место закрепления приманки
(плотная ткань с крючком)

При накоплении необходимого количества молоди ловушка быстро извлекается из воды. Затем мальки (личинки) осторожно перемещаются в резервуары с водой (аквариум, ведро и др.), взятой из этого же водоема, и доставляются в лабораторию для дальнейшего исследования.

Необходимо следить, чтобы не происходил нагрев воды в резервуарах с молодьёю во время отлова и транспортировки. Для этого они помещаются в затемненную часть лодки или в тени на берегу. Для анализа обычно отбираются 3 пробы по 20 экземпляров.

Для отлова взрослой рыбы применяются как пассивные (удочки, катиски, ставные сети), так и активные (тягловые невода, тралы) орудия лова. Также могут использоваться специализированные орудия промысла (перекрытия миграционных путей рыб с ловушками, крупногабаритные ставные невода и другие).

Удочки и катиски могут использоваться при отлове рыбы на небольших глубинах. Отлов сетями возможен только при необходимости получения однородного материала, что не дает

статистически достоверной картины всей популяции изучаемого вида. Наиболее разнообразный материал можно получить при использовании тяглового невода или трала.

После отлова взрослая рыба помещается в специальные резервуары с водой или в садки. При этом необходимо учитывать плотность посадки, чтобы не вызвать кислородного голодания. После кратковременной адаптации и отбраковки не исследуемых объектов рыба в специальных емкостях транспортируется к месту расположения лаборатории.

Для получения достоверных результатов отбирается по 20—25 экземпляров каждой возрастной группы или пола, в зависимости от поставленной задачи.

Камеральную обработку отловленного ихтиологического материала необходимо производить на «свежей», только что отловленной рыбе. В исключительных случаях допускается работа на фиксированном материале.

В первую очередь определяют видовую принадлежность выловленных экземпляров, размеры и вес каждой исследуемой рыбы. Полученные результаты записываются в специальные рабочие тетради (чешуйные книжки), которые готовятся до начала исследовательской работы. Образец страницы из рабочей тетради (чешуйной книжки) приведен в таблице 1. Для регистрации номер страницы записывается на пергаментной бумаге, которая в свернутом виде помещается в ротовую полость рыбы.

Таблица 1

Форма заполнения чешуйной книжки

| № книжки | № пробы | Дата |
|----------------------------|---------|------|
| 1 | 2 | 3 |
| Водоем | | |
| Место отлова | | |
| Время отбора пробы | | |
| Температура воды и воздуха | | |

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|
| Вид рыбы | | |
| Возраст | | |
| Пол и стадия половой зрелости | | |
| Вес рыбы, г (мг) | | |
| Общая длина тела, см (мм) | | |
| Длина тела без хвостового плавника, см (мм) | | |
| Длина головы, см (мм) | | |
| Максимальная высота тела, см (мм) | | |
| Окружность тела см (мм) | | |
| ФИО исследователя | | |

Для измерения линейных размеров и окружности тела рыб обычно используется миллиметровая лента. Высоту тела измеряют при помощи штангенциркуля. Подробная схема измерения рыб приведена в 5-й главе.

Взвешивание личинок целесообразно проводить на торсионных весах. Вес взрослой рыбы определяют при помощи электронных весов.

После всех измерений производится отбор чешуи (в зависимости от вида рыб можно использовать жаберную крышку, отоциты или первый луч спинного плавника) для определения возраста рыб. Чешуя обычно отбирается с правой стороны под спинным плавником выше боковой линии с помощью скальпеля, жаберная крышка снимается с этой же стороны, первый луч спинного плавника выпиливается остросрежущим инструментом, а отоциты изымаются средним пинцетом. Изъятые части тела для определения возраста до дальнейшей обработки помещаются в те же чешуйные книжки. Дальнейшая обработка ихтиологического материала производится после вскрытия рыбы и изъятия внутренних органов для анализа.

Глава 5. Пластические и меристические признаки рыб

Раньше в ихтиологии господствовал описательный метод анализа рыб. Сейчас ему на смену пришел биометрический метод — метод многих промеров тела рыб с установлением качественных (пластических) и количественных (меристических) признаков.

Биометрический метод стал необходим при изучении внутривидовых различий, т. е. низших таксономических единиц вида (племя, раса, морфа, экотип, биотип), когда признаки приходится устанавливать с применением вариационной статистики. Математический метод помогает приведению в порядок многих систематических групп.

К **пластическим признакам** относят размеры рыб или то, что можно измерить (длина, высота, объем, вес и т. д.). В связи с тем, что с возрастом эти признаки подвержены возрастной или половой изменчивости кроме абсолютных величин рассчитываются процентные отношения частей тела.

Рыбу измеряют штангенциркулем или миллиметровой лентой, в зависимости от размера особи (рис. 8).

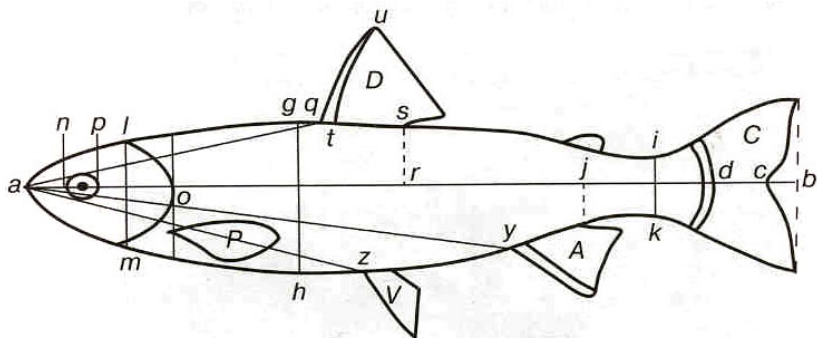


Рис. 8. Схема измерения рыб (Правдин, 1966)

Ось тела — прямая линия, которая начинается от вершины рта и заканчивается у корней средних лучей хвостового плавника. D — спинной плавник (dorsalis), C — хвостовой плавник, A —

анальный плавник (аналис), V — брюшной плавник (ventralis), P — грудной плавник (pectoralis).

ab — вся длина тела — расстояние от вершины рыла до вертикали конца наиболее длинной лопасти хвостового плавника при горизонтальном положении рыбы (до заднего края хвостового плавника).

ac — длина тела по Смитту (шведский ихтиолог в 1886 г. разработал схему измерений рыб семейства лососевых) — расстояние от вершины рыла до конца средних лучей хвостового плавника. Принята при измерении лососевых, корюшек и сельдевых.

ad — длина тела без С (без хвостового плавника) — расстояние от вершины рыла до конца чешуйного покрова.

od — длина туловища — расстояние от заднего края жаберной крышки до конца чешуйного покрова.

ao — длина головы — измеряется от вершины рыла до заднего конца жаберной крышки без перепонки.

an — длина рыла или предглазничный отдел — расстояние от вершины рыла до переднего края глаза. (Рыло — часть головы впереди глаза). Вершина рыла — самая передняя точка головы при плотно закрытом рте.

pr — диаметр глаза — обычно берется продольный диаметр. Измеряется собственно диаметр роговицы; веки, если они есть, в расчет не принимаются.

po — заглазничный отдел головы — расстояние от заднего края глаза до заднего края жаберной крышки (без перепонки).

lm — высота головы — обычно измеряется высота головы у затылка. (Затылок — место над прикреплением позвоночника к черепу или над задним краем верхнезатылочной кости.)

gh — максимальная высота тела — измеряется в том месте, где тело наиболее высокое.

ik — минимальная высота тела — в наиболее низком месте тела, обычно находится близ основания хвостового плавника.

aq — антедорсальное расстояние — расстояние от вершины рыла до начала основания спинного плавника.

rd — постдорсальное расстояние — от вертикали заднего края основания спинного плавника по средней линии тела до конца чешуйного покрова или конца последнего позвонка.

az — антевентральное расстояние — до начала основания брюшного плавника.

ay — антеанальное расстояние — расстояние от вершины рыла до начала основания анального плавника.

jd — длина хвостового стебля — измеряется от вертикали конца анального плавника до конца чешуйного покрова по средней линии тела или до основания лучей С.

qs — длина основания D.

tu — наибольшая высота D — высота наибольшего луча этого плавника.

Длина основания и высота А — условия те же, что для D.

Длина P и длина V — от передней линии их прикрепления до вершины наиболее длинного луча.

P-V — расстояние между P и V — расстояние между основаниями грудного и брюшного плавников, передняя часть брюха.

V-A — расстояние между V и A — расстояние между брюшным и анальным плавниками, задняя часть брюха.

Ширина лба или межглазничное пространство — расстояние между глазами сверху, т. е. ширина черепа между глазами.

Наибольший обхват тела измеряется сантиметровой лентой в месте наибольшей толщины тела, не беря в расчет плавников.

Наибольшая толщина тела — наибольшее расстояние между боками. Но следует помнить, что обхват и толщина тела сильно меняются.

Полученные значения заносят в предварительно заготовленную таблицу. В заглавии таблицы необходимо указать вид рыбы, место и время вылова. После заполнения абсолютных величин делают их пересчет относительно длины тела (ac) и относительно длины головы (ao). Результаты выражаются в процентах.

Например: Длина плотвы (ac) составила 6 см. Длина рыла плотвы (an) — 0,4 см, а длина головы (ao) — 1,6 см.

1. Длина головы (ао) относительно длины тела ерша (ас) вычисляется:

$$\frac{1,6 \text{ см} \times 100 \%}{6,0 \text{ см}} = 26,6 \%$$

2. Длина рыла (ап) относительно длины головы (ао) вычисляется:

$$\frac{0,4 \text{ см} \times 100 \%}{1,6 \text{ см}} = 25,0 \%$$

К *меристическим признакам* относят все, что можно сосчитать (число позвонков в позвоночнике, формула плавников, формула боковой линии, число глоточных зубов, количество жаберных тычинок и т. д.). Результаты также заносятся в заранее приготовленные таблицы.

Боковая (латеральная) линия (l. l. — linea lateralis). Формула боковой линии носит код 1.1.

5—6

Пример: для уральского сазана: 1.1. 35 -----39.

5—6

Для составления формулы у рыб одного вида, но разных размеров производится подсчет числа прободенных чешуй в боковой части тела (обозначает количество продольных рядов чешуй), а также числа рядов чешуй над боковой линией до основания спинного плавника и под нею — до основания брюшного плавника.

Целые левое и правое числа обозначают наименьшее и наибольшее число чешуй, свойственное данной группе исследованных рыб. Цифра над чертой указывает на число чешуй над боковой линией, т. е. от боковой линии до верхней части бока (у многих — до переднего края основания спинного плавника), а цифра внизу — чешуй под боковой линией до самой нижней точки чешуйного покрова на боку (до основания переднего луча брюшного плавника). Когда чешуя очень мелкая, можно ограничиваться определением числа чешуй в 1/10 длины тела, отложив эту вели-

чину по боку тела впереди спинного плавника, повыше боковой линии.

Число лучей в плавниках. При составлении формул плавников твердые колючие и мягкие неветвистые лучи обозначаются римскими цифрами, а мягкие ветвистые — обычными арабскими. Колючие лучи от мягких отделяют запятой. Например, формула второго спинного плавника окуня: D II, I—II 12—15 (у окуня во втором спинном плавнике 2 колючих луча, от 1 до 2 неветвистых мягких луча и от 12 до 15 ветвистых мягких лучей). Если рыба имеет несколько спинных плавников, то между цифрами, относящимися к плавникам, ставится запятая. Например, у наваги 3 спинных плавника: I D 13, II D 18—20, III D 18—19.

Число жаберных тычинок (spinae branchiales, сокращенно — sp. br.) просчитывается обычно на первой дужке. Помимо количества тычинок, надо указывать длину наибольшей тычинки и всей жаберной дужки. У лососей и сигов нужно указывать также характер жаберных тычинок — заостренные, тупые, булавовидные, цилиндрические, плоские.

Число позвонков (vertebrae) считают без уростиля, принимая его за часть последнего позвонка, или с уростилем. Препарирование позвоночника не сложно: срезать мускулы с боков, со спины и брюшка, затем позвоночник с неотделенной головой и оставшимися кусками мяса вскипятить, после чего кости позвоночника очистить от мяса жесткой зубной щеткой.

Считать *пилорические придатки* (р. с.) трудно. Рекомендуется до просчета выдерживать пищеварительные органы рыбы в спирте (70°); если же они были законсервированы в формалине, то до просчета их следует выдержать в холодной воде (до 24 ч). Сам просчет удобно вести путем отрывания пинцетом каждого отростка.

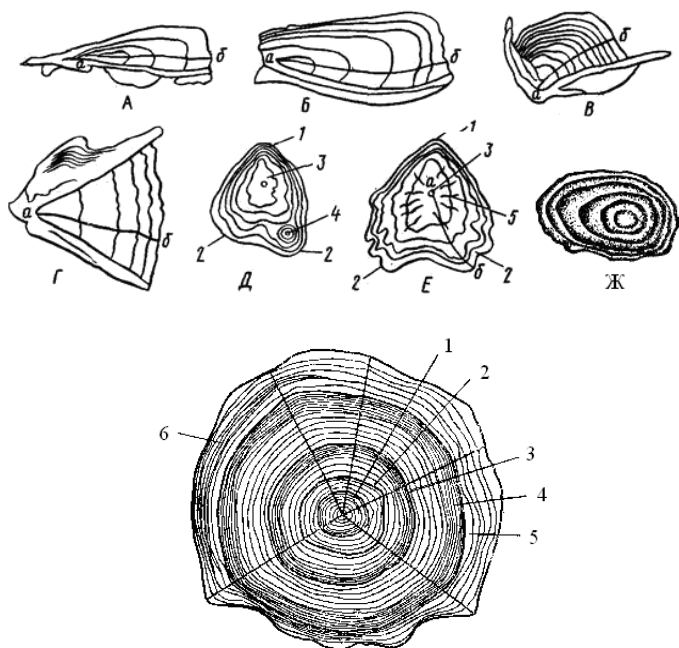
Глава 6. Особенности роста рыб и определение их возраста

Специфической особенностью роста рыб является преобладание ассимиляции над диссимиляцией, благодаря чему рыба растет в течение всей жизни. Интенсивность роста зависит от годовой цикличности физиологических процессов и закономерной их смены в связи с изменением образа жизни.

Рыба растет неравномерно и в разные периоды рост ее характеризуется определенными особенностями. Прежде всего, различен характер роста рыб до и после наступления половой зрелости. Как правило, до наступления половой зрелости рыбы растут наиболее быстро. Пища используется ими в основном на весовой и главным образом линейный прирост, т. е. является в основном продуцирующей. Поэтому в первые годы жизни, как правило, происходит наиболее быстрое нарастание линейных размеров. После наступления половой зрелости темп роста снижается, но наращивание массы тела продолжается, и максимальное увеличение ее наблюдается именно в старшем возрасте. Значительная часть потребленной пищи расходуется на образование половых клеток и накопление резервных веществ, обеспечивающих созревание гонад, благополучный исход зимовки, миграции и т. д. В период старения организма линейный рост сильно замедляется. Пища расходуется в основном на поддержание жизненных процессов.

При ихтиологическом исследовании (морфофизиологических, биологических и экологических особенностей рыб) важно знать возраст рыб.

Для определения возраста используются чешуя (карповые, сиговые, лососевые виды рыб), отолиты (ерш, корюшка, налим) и кости скелета: жаберные крышки (окунь, судак), клейтрум (треска), лучи плавников, позвонки и т. д., на которых в ходе роста образуются наслоения в виде чередующихся колец, плоскостей или склеритов-валиков (рис. 9).



3

Рис. 9. Кости, отолиты и чешуя для определения возраста рыб:

А — клейтрум воблы; Б — клейтрум леща; В — клейтрум осетровых; Г — крышечная кость окуня; Д, Е — срез луча осетра и севрюги: 1 — верхняя часть, 2 — боковые линии, 3 — центр, 4 — добавочный центр, 5 — радиальная бороздка; а-б — линия измерения (в проходящем свете); Ж — отолит шестилетней камбалы (справа); З — схема строения чешуи: 1 — первое годовое кольцо, 2 — дополнительное кольцевое образование, 3 — второе годовое кольцо, 4 — третье годовое кольцо, 5 — зона роста четвертого года, 6 — дополнительное кольцевое образование

В осенне-зимний период рост рыбы замедлен в длину и расстояния между кольцами будут небольшими (темная зона). Весной и летом эти расстояния значительно шире (светлая зона). Каждая светлая зона к периферии постепенно переходит в темную. Полосы светлых (широких) и темных (узких) зон, которые

образуются в течение одного года, составляют годовое кольцо роста.

Часто между годовыми кольцами просматриваются добавочные кольца, происхождение которых связывают с нерестом (лососи, сельди) или изменением интенсивности питания (карповые). Как правило, они выражены не по всей длине.

Чешуя отбирается с помощью скальпеля или ножа над и под боковой линией в районе измерения наибольшей высоты тела. Жаберная крышка отрезается ножницами, луч отпиливается скальпелем или ножом, отолиты достают пинцетом. Отобранный материал помещают в чешуйные книжки и хранят до момента приготовления препаратов.

Перед определением возраста готовят 0,1%-й раствор аммиака и разливают в пенициллиновые бутылочки. Чешую (жаберные крышки) помещают в бутылочки на 30 минут. Затем они очищаются от остатков слизи и переносятся на предметное стекло. Сверху можно положить покровное или предметное стекло. Сбоку на покровное стекло подклеивается этикетка с указанием вида, порядкового номера экземпляра, размерных параметров рыб. Возраст определяется по приготовленным препаратам при помощи штативной лупы (увеличение 8—20 раз) или бинокля, а также проекционных аппаратов (фильмоскоп, микрофот).

Перед приготовлением препаратов из отолитов их помещают в 25%-й раствор аммиака, способствующий обезжириванию. В аммиаке отолиты выдерживаются от 30 минут до 24 часов, но в большинстве случаев 4—5 часов. После такой обработки каждый отолит промывается в горячей воде, незначительно стачивается и шлифуется, затем рассматривается под лупой в капле глицерина под биноклем.

Особенностью приготовления препаратов из плавниковых лучей является отпиливание костной пластинки у основания луча по его головке. После чего луч шлифуется и готовится препарат подобно препарату отолита.

Определение возраста рекомендуется начинать с самых мелких экземпляров рыб и постепенно переходить к более крупным.

Это дает возможность уточнить характер истинных годовых колец, научиться отличать их от дополнительных или ложных колец.

Если возрастные материалы собирают зимой или весной, то возраст рыб обозначают по числу годовых колец цифрами 1, 2, 3, добавляя к ним слово «годовики». Если летом и осенью, то к цифрам, обозначающим число полных годовых колец, добавляют знак «+» или слово «летки». Знаком «+» обозначают прирост последнего сезона.

Глава 7. Внутреннее строение рыб

Для ихтиологических исследований немаловажную роль играет изучение строения и функции внутренних органов. Совместно с изучением внешнего строения рыб это дает более полную картину состояния организма в конкретных условиях среды. Во многих учебниках по ихтиологии дано подробное описание всех систем органов и их функций. В пособии мы приводим краткую характеристику внутреннего строения рыб и методы, которые позволяют изучить внутренние органы и их функции.

Скелет и мускулатура. Скелет рыб определяет форму тела, выполняет опорную функцию защищает внутренние органы от повреждений. Скелет костных рыб состоит из черепа (мозговой и висцеральный), осевого скелета, скелета непарных плавников, парных плавников и их поясов (рис. 10).

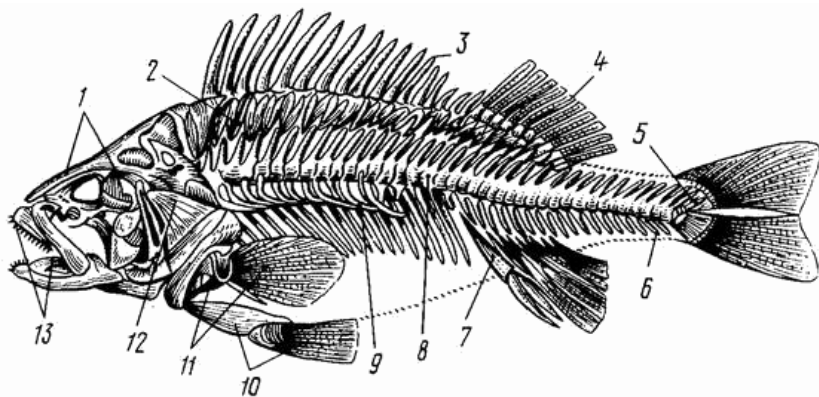


Рис. 10. Скелет костистой рыбы (окуня) (по Баклашовой, 1980):
1 — кости черепа, 2 — основные элементы спинного плавника,
3, 4 — лучи спинного плавника, 5 — последние позвонки,
удерживающие хвостовой плавник, 6 — хвостовые позвонки,
7 — основные элементы анального плавника, 8 — туловищные
позвонки, 9 — ребра с придатками, 10 — кости и лучи брюшного
плавника, 11 — кости и лучи грудного плавника, 12 — жаберная
крышка, 13 — верхняя и нижняя челюсти

Череп костных рыб имеет мозговой (осевой) и висцеральный отделы. У осетрообразных мозговой череп хрящевой. У большинства костных рыб произошло замещение хряща мозгового отдела основными костями. Есть покровные кости. Висцеральный отдел черепа состоит из хрящевых или окостеневших дуг (челюстной, подъязычной и жаберных). У костистых рыб хорошо развиты вторичные челюсти из покровных костей. У осетрообразных в висцеральном скелете сохраняется много хряща, вторичные челюсти развиты слабо. Челюсти выполняют функцию захвата и удержания добычи. Относительные размеры челюстей, мощность, типы зубов и положение рта отражают пищевую специализацию вида. Жаберная крышка образована покровными костями. Жаберных дуг 5 пар, из которых первые четыре состоят из окостеневших элементов, соединенных друг с другом суставами, и несут жабры. Пятая дуга состоит из двух крупных парных элементов и может содержать у некоторых видов глоточные зубы.

Кости туловища костистых рыб состоят из костной ткани. В позвоночнике выделяют 2 отдела — туловищный и хвостовой. Позвонки амфицельные. От тел позвонков отходят верхние и нижние дуги (в хвостовой части — нижние дуги с остистыми отростками). Верхние дуги позвонков смыкаются, образуя спинномозговой канал, в котором лежит спинной мозг. К нижним дугам позвонков туловищного отдела прикрепляются ребра. В хвостовом отделе нижние дуги смыкаются и образуют гемальный канал для хвостовых артерий и вены. Скелет плавников состоит из ряда костных лучей. Различают парные — грудные и брюшные плавники и непарные — спинной, анальный, хвостовой.

Скелет рыбы поддерживают мышцы. Различают соматическую мускулатуру головы, туловища, плавников и висцеральную мышечную систему внутренних органов и стенок кровеносных сосудов. Морфо-функциональной основной мышц является мышечное волокно — сложное образование из миофибрилл, покрытых сарколеммой (тонкая эластичная оболочка). Миофибриллы состоят из сократительных белков (актина и миозина) и саркоплазмы (образование белковой природы).

Поперечно-полосатые мышцы различают красные и белые, которые различны по цвету, форме, механическим и биохимическим свойствам. Красная мускулатура (медлительные или тонические мышцы) способна выполнять длительную утомительную работу. Хорошо развита у постоянно плавающих пелагических рыб — ставрид, тунцов, сельдей и др. Белая мускулатура (физические или быстрые мышцы) поддерживает постоянную ритмичную работу темных мышц Их мощность и скорость сокращения вдвое больше, чем у темных мышц.

Каждому виду рыб свойствен определенный цвет мышц. Например, у судака мышцы белые, у щуки — серые, а у форели — розовые. Белые мышцы содержат меньше железа и больше фосфора и серы по сравнению с красными. Цвет мышц зависит от физиологического состояния рыбы и факторов внешней среды (от состава пищи и др.).

Висцеральная мускулатура состоит из гладких мышц, которые окружают пищеварительную трубку. У некоторых костистых рыб среди гладких встречаются пучки поперечнополосатых волокон (вьюн, линь и др.).

Соединительная ткань у рыб (тончайшие коллагеновые и эластиновые волокна) заполняет промежутки между всеми тканями и органами тела. Она участвует в образовании жировой и мышечной тканей, сухожилий, кожи, слизистых оболочек и т. д.

Жировая ткань (ячейки из соединительнотканых белков, заполненные жиром) может быть развита под кожей (сельдевые), в толще мышц (осетровые) и во внутренних органах (тресковые).

Внутренние органы

Органы пищеварения. Пищеварительная система у рыб представлена отделами: ротовая полость, глотка, пищевод, желудок (не у всех рыб) и кишечник (рис. 11).

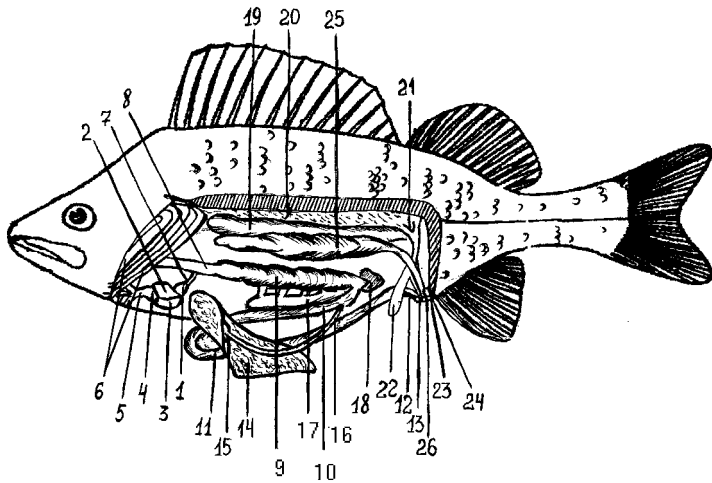


Рис. 11. Внутренние органы рыбы:

- 1 — венозный синус, 2 — предсердие, 3 — желудочек сердца,
 4 — луковица аорты, 5 — брюшная аорта, 6 — жабры, 7 — кювьеров
 проток, 8 — пищевод, 9 — желудок, 10 — двенадцатиперстная кишка,
 11 — тонкая кишка, 12 — прямая кишка, 13 — анальное отверстие,
 14 — печень, 15 — желчный пузырь, 16 — желчный проток,
 17 — поджелудочная железа, 18 — селезенка, 19 — плавательный
 пузырь, 20 — почка, 21 — мочеточник, 22 — мочевой пузырь,
 23 — мочеполовой сосочек, 24 — мочевое отверстие, 25 — половая
 железа, 26 — половое отверстие

У большинства видов в ротовой полости имеются многочисленные конические зубы, которые могут располагаться на челюстных, небных, крыловидных костях, а также на сошнике и парасфеноиде. В ротовой полости происходит измельчение (перетирание) пищи. Слизь, которая выделяется железами слизистой

оболочки ротовой и глоточной полостей, не содержит пищеварительных ферментов и лишь облегчает заглатывание пищи.

За глоткой располагается мускулистый пищевод, по которому пища проталкивается в желудок или кишечник (у рыб без желудка — карповые, многие бычки и др.). У рыб желудок может быть разнообразной формы и размеров. При поступлении пищи в желудок железы выделяют соляную кислоту, повышается активность пепсина и начинается переваривание. У рыб, не имеющих желудка, роль пепсина выполняет трипсин в тонкой кишке. У многих видов костных рыб в переднем отделе кишечника имеются слепые выросты — пилорические придатки (до 400), увеличивающие пищеварительную поверхность. Протоки желчного пузыря и поджелудочной железы открываются в передний отдел кишечника, куда выделяется комплекс ферментов (трипсин, эрепсин, энтерокиназа, липаза, амилаза и мальтаза), переваривающих белки, жиры и углеводы в щелочной среде. Железы слизистой оболочки кишечника также выделяют пищеварительные ферменты. Перистальтика кишечника способствует перевариванию пищи. Относительная длина кишечника меньше у хищных рыб, чем у растительноядных. Большое значение для переваривания пищи имеют живущие в кишечнике простейшие, бактерии и грибы (у растительноядных рыб). Кишечник открывается наружу анальным отверстием.

Печень состоит из нескольких лопастей, к ней прикрепляется желчный пузырь. Поджелудочная железа в виде мелких долек располагается по брыжейке в петлях кишечника.

Органы дыхания. Основными органами дыхания у рыб являются жабры. Имеются 4 полные жабры и 1 полужабра. Они расположены по бокам головы, открываются наружу жаберными отверстиями и прикрыты жаберными крышками. Жабры — это пластинчатые выросты, которые состоят из отдельных лепестков с многочисленными лепесточками (складки, пронизанные кровеносными сосудами), расположенными на жаберных дугах. Тончайшая система жаберных складок (лепесточки) создает большую

поверхность для поглощения кислорода. Полужабра — это ряд зачаточных лепестков на внутренней стороне жаберной крышки.

У костных рыб, живущих в водоемах с дефицитом кислорода, есть дополнительные органы дыхания: кожа, наджаберный орган — полые камеры с развитой складчатостью в глоточной области для захватывания атмосферного воздуха, добавочный орган воздушного дыхания — участки кишки без пищеварительных желез, плавательный пузырь.

Органы кровообращения. Кровеносная система рыб замкнута. Один круг кровообращения. Сердце 2-камерное и состоит из предсердия и желудочка. Окружает сердце околосердечная сумка (рис. 12). Придаточные отделы сердца — венозный синус (венозная пазуха) и артериальный конус (луковица аорты — у костных рыб). Работа сердца, его дополнительных образований и пульсация стенок кровеносных сосудов обеспечивают движение крови по кровеносной системе. Венозная пазуха и предсердие выполняют роль насоса крови в сердце. Желудочек и артериальный конус выталкивают кровь в кровеносное русло.

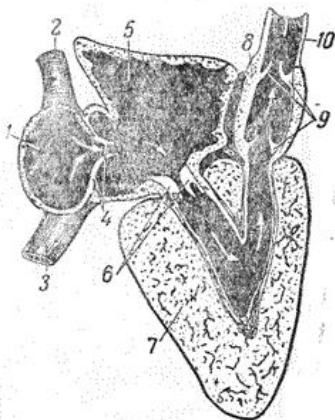


Рис. 12. Строение сердца рыб:

- 1 — венозный синус, 2, 3 — кардиальные вены, 4 — синусные клапаны, 5 — предсердие, 6 — клапаны между предсердием и желудочком, 7 — желудочек, 8 — артериальный конус, 9 — полулунные клапаны, 10 — артериальный ствол

Селезенка — кроветворный орган, место образования клеток крови (эритроциты, лейкоциты, тромбоциты) и депо эритроцитов. Располагается она в петлях кишечника позади желудка.

Нервная система и органы чувств. Различают центральную нервную систему (головной и спинной мозг) и периферическую (нервы, отходящие от головного и спинного мозга). Головной мозг костных рыб состоит из 5 отделов: переднего, промежуточного, среднего, продолговатого мозга и мозжечка (рис. 13). Передний мозг мал и полости его полушарий не разделены перегородкой. Средний мозг и мозжечок относительно крупных размеров. Продолговатый мозг связан с головными нервами, которые обслуживают висцеральный аппарат, органы боковой линии и слуха. Под средним мозгом расположен гипофиз (железа внутренней секреции), величина которого зависит от размеров рыбы. На спинной стороне промежуточного мозга находится хорошо развитый эпифиз.

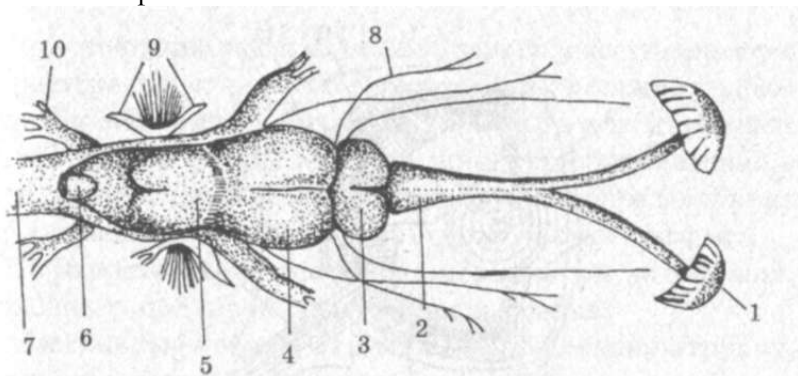


Рис. 13. Строение головного мозга рыбы:

- 1 — носовая капсула; 2 — обонятельные доли; 3 — передний мозг;
- 4 — средний мозг; 5 — мозжечок; 6 — продолговатый мозг;
- 7 — спинной мозг; 8 — глазничная ветвь; 9 — слуховой нерв;
- 10 — блуждающий нерв

От головного мозга отходит 10 пар головных нервов: I пара — обонятельный нерв, II пара — зрительный, III — глазодвигательный, IV — блоковый, V — тройничный, VI — отводящий, VII —

лицевой, VIII — слуховой, IX — языкоглоточный, X — блуждающий.

Спинальный мозг расположен в канале из верхних дуг позвонков. Различают две группы периферических нервов: соматические, которые воспринимают физические раздражения, тепло, холод, звуковые колебания и свет от кожи, органов слуха, зрения, и висцеральные, воспринимающие импульсы от кишечника, органов глотки, ротовой полости и органов обоняния, импульсы химического раздражения, взвешенных частиц окружающей среды или внутренних органов.

Органы зрения являются основными органами чувств у рыб, с их помощью происходит добывание пищи, распознавание особей своего пола, врагов и ориентирование в среде. У рыб зрение монокулярное, т. е. каждый глаз видит самостоятельно. Глаза рыб имеют плоскую роговицу и шаровидный хрусталик. Аккомодация происходит за счет перемещения хрусталика.

Орган слуха и равновесия представлен внутренним ухом, которое состоит из овального мешочка (вестибулярный аппарат), 3 полукружных канальцев и круглого мешочка (собственно орган слуха). Рыбы способны воспринимать и издавать разнообразные звуки, возникающие при трении зубов, сочленений между костями, при изменении объема плавательного пузыря. Это обеспечивает их связь при отыскании корма, половых контактах, в случае опасности и др.

Органы химического чувства (обоняние, вкус) играют важную роль в ориентации и общении рыб. Органы обоняния представлены обонятельными мешочками с хорошо развитыми складками обонятельного эпителия. У некоторых видов внутренняя поверхность мешочка имеет мерцательные реснички для усиления тока воды. Имеются ноздри, каждая из которых разделена клапаном на два отверстия (переднее и заднее). Рыбы распознают запахи, что позволяет почувствовать приближение добычи, уплыть от хищника, не терять свою стаю, находить партнера и т. д. В особых бокаловидных клетках кожи рыб содержится так называемое вещество страха или опасности. Оно попадает в воду при наруше-

нии целостности кожи, и это является сигналом опасности для других особей. Обоняние и химическая память особенно важны для мигрирующих рыб.

Органы вкуса (вкусовые почки) расположены в ротовой полости, на многих участках тела и в наружном слое кожи. Рыбы различают сладкое, соленое, кислое, горькое. Вкус имеет определенное значение в поиске и распознавании пищи.

Боковая линия (сейсмочувствительный орган) проходит по обеим сторонам вдоль тела рыбы. Это система каналов, которые открываются наружу отверстиями на чешуе. В теле рыбы они объединены общим каналом, в котором разветвлены окончания сейсмочувствительного нерва. С помощью боковой линии происходит ориентация рыбы в потоках воды, восприятие колебаний воды, течения, приближения и удаления предметов, других рыб.

По всей поверхности тела рыб рассеяны осязательные тельца (механорецепция) и свободные нервные окончания (терморецепция). Рыбы способны улавливать изменения магнитного и электрического полей. У некоторых видов есть специальные электрические органы.

Плавательный пузырь (гидростатический орган) есть у большинства костных рыб. В процессе эмбриогенеза он образуется из пищеварительной трубки. Различают закрытопузырных рыб (связь пузыря с пищеводом утрачивается во взрослом состоянии) и открытопузырных (связь сохраняется на протяжении жизни). Изменение объема газа в пузыре ведет к изменению плотности рыбы, что способствует ее перемещению по вертикали воды. Увеличивается объем пузыря — рыба поднимается вверх, уменьшается — опускается на глубину. У некоторых рыб плавательный пузырь связан с внутренним ухом — перепончатым лабиринтом, органом равновесия.

Органы выделения рыб — длинные лентовидные мезонефрические (туловищные) почки, лежащие по бокам позвоночника. По внутренним краям почек расположены мочеточники, которые объединяются в непарный мочевыводящий канал и образуют мочевой пузырь, открывающийся наружу мочевым отверстием. Ор-

ганы выделения не только выводят продукты распада азотистых веществ (аммиак, мочеви́на и др.), но и обеспечивают физико-химическую устойчивость внутренней среды организма (осмотического давления, кислотно-щелочного ионного равновесия). Другие пути выделения у рыб продуктов обмена — через жабры и кожу.

Органы размножения. Большинство видов костных рыб раздельнополы. Половые железы парные и представлены у самцов семенниками и у самок яичниками. Они через каналы открываются на мочеполовом сосочке отдельно от мочевого отверстия. У самок костных рыб нет мюллеровых каналов, служащих у хрящевых рыб яйцеводами, а у самцов семенники не связаны с почками и вольфовы каналы выполняют роль только мочеточников. У рыб известны гермафродитизм (каждая особь имеет и мужскую и женскую половые железы) и реверсия пола (созревшие особи вначале функционируют как самцы, а вторую половину жизни как самки). Оплодотворение у костных рыб наружное, в воде. Очень редко наблюдается яйцеживорождение (морские окуни, зубатые карпы и др.). Плодовитость рыб в среднем много выше плодовитости наземных позвоночных, что определяется высокой смертностью от факторов внешней среды. Молодые самки откладывают меньше икры, чем более старшие.

Глава 8. Использование метода морфофизиологических индикаторов в ихтиологических исследованиях

Водные экосистемы — один из наиболее уязвимых компонентов биосферы, существенно изменяющийся под влиянием деятельности человека. В результате любого антропогенного вмешательства происходят изменения гидрологического, гидрохимического режимов, что отрицательно влияет на количественные и качественные показатели гидробионтов, в том числе на рыб, являющихся хозяйственно ценным объектом. В этой ситуации важным остается поддержание условий водной среды для существования гидробионтов на оптимальном уровне, сохранение биологического разнообразия и рационального использования рыбного населения водоемов. Это возможно при использовании простых и эффективных методов ранней диагностики изменений, одним из которых является метод морфофизиологических индикаторов. Чувствительность этого метода очень высокая, так как на начальные или слабые изменения среды обитания первыми реагируют физиологические процессы организма, которые не всегда диагностируются визуально по снижению продуктивности и жизненности биоресурсов.

Еще в 1972 г. В. С. Смирновым с соавторами (1972) было предложено использовать метод морфофизиологических индикаторов в экологии рыб. Авторы убедительно показали, что метод морфофизиологических индикаторов позволяет выявить самые ранние стадии процессов, происходящие в организмах, пока они еще не проявились на популяционном уровне. Данный метод позволяет получать информацию о степени приспособленности исследуемой популяции к конкретным условиям существования, следовательно, становится возможным предвидеть перспективы и делать прогнозы ее развития.

Метод морфофизиологических индикаторов используется в фундаментальных и прикладных ихтиологических исследованиях. Исследование внутренних органов рыб имеет значение для решения различных проблем в ихтиологической анатомии, фи-

зиологии, экологии и т. д. Метод широко применяется для оценки биологической специфики внутривидовых групп, популяций, видовых особенностей и межвидовых различий.

В настоящее время, когда интенсивно развивается аквакультура, особую значимость применение этого метода получило при выращивании рыб в контролируемых человеком условиях. Очень важным для использования метода морфофизиологических индикаторов в рыбоводстве является его простота, а также отсутствие необходимости использовать сложное и дорогостоящее оборудование. На основании морфофизиологического анализа рыбодобы имеют информацию о состоянии рыб, соответственно и о состоянии условий их существования. Следовательно, они могут принять необходимые меры для устранения негативных явлений своевременно, до проявления изменений во всем стаде выращиваемой рыбы. Среди таких мер — профилактика заболеваний, сортировка рыбы, изменение режима водоподачи, качества кормов и режима кормления, изменение плотности посадки и так далее.

Основной задачей метода морфофизиологических индикаторов является изучение биологической специфики исследуемой популяции, которое можно вести в двух направлениях:

⇒ по пути выявления изменений морфофизиологических характеристик организмов в одной популяции под влиянием антропогенных факторов;

⇒ по пути сравнения морфофизиологических показателей организмов двух и более популяций из различных условий обитания или под воздействием антропогенных изменений окружающей среды.

Сущность метода морфофизиологических индикаторов заключается в следующем:

— исследуются размерно-весовые показатели биотестируемых организмов;

— определяются пол (при вскрытии) и возраст исследуемых рыб;

— взвешиваются и измеряются внутренние органы;

- на основании полученных данных составляются рабочие таблицы;
- рассчитываются индексы (отношение массы органа в мг к массе рыбы в г) внутренних органов;
- производится статистическая обработка результатов;
- для анализа результаты оформляются в виде таблиц, графиков, диаграмм.

Основу метода, наряду с определением размерно-весовой характеристики организмов, составляет проведение исследования весовых показателей внутренних органов и расчет соответствующих индексов. При выборе органов для исследования в соответствии с поставленной задачей учитывается их чувствительность к условиям среды. Обычно рекомендуется исследовать жабры, сердце, печень, почки, гонады и элементы пищеварительного тракта (желудок, кишечник, пилорические придатки).

Для овладения методом морфофизиологических индикаторов необходимо научиться правильно вскрывать рыбу, препарировать и взвешивать органы. Метод не требует сложного оборудования и дает возможность исследования массового материала.

Для вскрытия, препарирования и взвешивания внутренних органов рыбы необходимо следующее оборудование: кювета, скальпель или нож (для вскрытия крупных экземпляров), ножницы средние и малые, пинцеты средний и глазной, препаровальная игла, марлевые салфетки и фильтровальная бумага, весы электронные, аптекарские или торсионные.

До вскрытия каждая рыба с помощью марлевых салфеток подсушивается и с тела удаляется слизь. Затем производится ее взвешивание на электронных весах. Полученный результат записывается в рабочую тетрадь и используется для расчета индексов внутренних органов рыб.

Вскрытие рыбы. Рыба размещается на твердую поверхность брюшной стороной вверх и делается разрез ножницами по брюшной стороне от анального отверстия до жаберных крышек. После этого производится второй разрез — от анального отверстия до боковой линии и затем третий разрез — вдоль боковой

линии до жаберной крышки. Вырезанная часть боковой стенки тела вместе с реберными дугами изымается. Общий вид вскрытой рыбы показан на рисунке 11.

Препарирование и взвешивание внутренних органов рыбы. В ходе работы по препарированию и взвешиванию органов необходима определенная последовательность действий.

Вначале препарируют сердце путем рассечения перикардальной полости. После чего, придерживая пинцетом сердце, с помощью глазных ножниц делается разрез в районе соединения желудочка с брюшной аортой с одной стороны и венозного синуса с кювьеровым протоком с другой. В зависимости от задач исследований взвешивается сердце или с венозным синусом, или без него. В последнем случае венозный синус отрезается.

Затем препарируют гонады (семенники у самцов, яичники у самок). Гонады имеют вытянутую форму и располагаются вдоль оси тела по бокам от кишечника. При помощи пинцета и скальпеля их легко отделить в районе полового отверстия.

После этого препарируют пищеварительный тракт (пищевод, желудок и кишечник) с поджелудочной железой, печенью и селезенкой. Придерживая пинцетом, скальпелем отделяют его в области глотки и анального отверстия и затем изымают внутренние органы.

Затем отделяют печень (без желчного пузыря). Печень имеет неправильную форму, у некоторых видов она лопастная и охватывает пищеварительные органы спереди, по бокам и со спинной стороны. Для того чтобы ее отделить, перерезают желчные протоки и соединительную ткань на кишечнике.

Следующим органом для препарирования является селезенка. Обрезав соединительную ткань и подходящие к ней сосуды, селезенку, имеющую округлую форму и темно-красный цвет, свободно отделяют от двенадцатиперстной кишки.

На специальной планшете с помощью пинцетов разворачивают пищеварительный тракт на всю длину, осторожно обрезая соединительную ткань. С поверхности кишечника и всех других внутренних органов пинцетом отбирают жир (внутренний жир).

В зависимости от поставленных задач желудок и кишечник могут взвешиваться как с содержимым, так и без него. В последнем случае, придерживая пинцетом пищеварительный тракт, методом выдавливания при помощи скальпеля удаляют его содержимое. Кишечник может содержать пилорические придатки. При отпрепарировании необходимо обращать внимание на то, чтобы они оставались с передним отделом кишечника. Взвешивание кишечника проводится вместе с пилорическими придатками. Далее, если есть желудок, то его отделяют скальпелем от пищевода и кишечника.

Следующая операция — удаление плавательного пузыря, наполненного газом (как правило, не вызывает затруднений) и отпрепарирование почек. Почки тянутся в виде узкой ленты темно-красного цвета вдоль позвоночника до мочевого отверстия. Ткань почек соскабливают скальпелем с поверхности мышц очень осторожно. Эту трудную операцию можно и удобнее производить на чуть подмороженном материале, что существенно облегчает ее выполнение. Однако при небольшой выборке это может сказаться на достоверности результатов.

После этого отпрепаровывают головной мозг. Позади головы ножницами делают поперечный разрез, затем два продольных разреза по правому и левому краю головы по направлению к рылу. Надрезанную часть при помощи пинцета приподнимают вверх, и мозг становится хорошо виден. Его отделяют пинцетом от спинного мозга и изымают для проведения анализа.

Чтобы отпрепарировать жабры, необходимо отрезать жаберную крышку в нижней части головы рыбы. Ножницами делают надрез с нижней части головы, удаляют жаберные крышки и хорошо видимые жабры отпрепаровывают. При исследовании карповых рыб необходимо проследить, чтобы вместе с жабрами не изъять глоточные зубы.

Все внутренние органы помещают на фильтровальную бумагу (на 2—3 минуты) для удаления остатков слизи и влаги. Затем органы поочередно взвешивают на торсионных или электронных весах. Важно помнить, что после взвешивания каждого органа

необходимо салфеткой протирать чашу весов. При помощи миллиметровой ленты измеряют длину желудка и кишечника (без пищи). Данные заносят в предварительно заготовленную рабочую таблицу (табл. 2).

При препарировании личинок и мальков все вышеуказанные действия проводят под бинокляром при помощи препаровальных игл, малых ножниц и глазного пинцета. Так как все органы личинок очень маленького размера, то для анализа отбирают интегральную пробу. Выборка составляет 20—25 экземпляров молоди. Всех особей помещают на электронные весы и взвешивают. Затем отпрепаровывают исследуемые органы у всех мальков (личинок) и определяют общую массу каждого органа. Эту операцию повторяют трижды. Все данные заносят в специальную таблицу (табл. 3).

Таблица 2

Абсолютные весовые и линейные показатели внутренних органов рыб

| Вид рыбы : | | | | | | | Водоем : | | | | | | | | Дата : | | | | | | |
|------------|---|---|---|----|---|----|----------|----|---|---|---|---|---|---|--------|----|---|----|----|----|--|
| N | A | S | W | L | l | lh | H | O | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| | | | г | мм | | | | мг | | | | | | | | мм | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Примечания: N — номер особи, A — возраст, S — пол и стадия зрелости, W — масса рыбы, L — общая длина тела, l — длина тела, lh — длина головы, H — наибольшая высота тела, O — окружность тела, 1 — масса гонад, 2 — масса сердца, 3 — масса печени, 4 — масса селезенки, 5 — масса жабр, 6 — масса мозга, 7 — масса почек, 8 — масса внутреннего жира, 9 — масса кишечника, 10 — масса желудка, 11 — длина кишечника, 12 — длина желудка.

Фиксация отобранных проб. При отсутствии возможности измерения и взвешивания внутренних органов в полевых условиях их фиксируют, чтобы затем завершить исследование в лаборатории. Для фиксации собранных материалов (органов, тканей и т. д.) необходимо иметь следующее оборудование: кювета, ножницы средние и малые, пинцеты средний и глазной, емкости для

проб с притертыми пробками, фиксатор — спирт 96%-й или формалин 40%-й.

Отпрепарированные органы небольших размеров обычно помещают в пенициллиновые склянки, фиксируют 73%-м спиртовым раствором или 2%-м формалином и плотно закрывают крышками.

В качестве примера приведем методику фиксации пилорических придатков. Сначала от переднего отдела кишечника с помощью скальпеля и пинцета отделяют пилорические придатки. Затем отделенные придатки, каждый по отдельности, помещают на марлевые салфетки, туго завязывают и помещают в банку. Далее в снабженные этикеткой банки заливают слабый (2%-й) раствор формалина и плотно закрывают крышкой.

Расчет относительной массы (индексов) внутренних органов. Следующий этап метода морфофизиологических индикаторов предполагает расчет относительной массы органов (индекс органов). Для этого используют данные по абсолютной массе тела и органов, содержащиеся в рабочих таблицах.

Относительная масса органа (индекс органа) — это отношение абсолютной массы органа в миллиграммах к массе рыбы в граммах. Результат выражается в промилле (‰) и вычисляется по следующей формуле:

$$X = \frac{W_0}{W},$$

где X — индекс органа;

W_0 — масса органа в миллиграммах;

W — масса рыбы в граммах.

При введении в формулу коэффициента 1000 весовые показатели органа и рыбы будут выражаться в одних и тех же единицах (граммах), а формула приобретает следующий вид:

$$X = \frac{1000 \times W_0}{W}.$$

Полученные результаты записывают в таблицу 4.

Абсолютные и относительные показатели органов рыб

| Показатели | Результаты | | | | | |
|---------------------------------------|-----------------------|---|------|--------------------------|---|------|
| | Абсолютные показатели | | | Относительные показатели | | |
| Водоем, место отбора проб | | | | | | |
| Дата проведения исследований | | | | | | |
| Температура воды и воздуха, °С | | | | | | |
| Вид рыбы, орудие отлова | | | | | | |
| № экземпляра | 1 | 2 | п... | 1 | 2 | п... |
| Возраст | | | | | | |
| Пол и стадия зрелости | | | | | | |
| Масса рыбы, г | | | | | | |
| Длина, АВ, см | | | | | | |
| Масса органов и жира, г или мг | | | | | | |
| Сердце | | | | | | |
| Селезенка | | | | | | |
| Жабры | | | | | | |
| Печень | | | | | | |
| Почки | | | | | | |
| Мозг | | | | | | |
| Желудок | | | | | | |
| Кишечник | | | | | | |
| Гонады | | | | | | |
| Внутренний жир | | | | | | |
| Длина органов, см или мм | | | | | | |
| Желудок | | | | | | |
| Кишечник | | | | | | |

Таблица 4

Относительная масса внутренних органов рыб*

| Вид рыбы | | | Водоем | | | | | | | Дата | | | |
|----------|---|-----|--------------------|---|---|---|---|---|---|------|---|-----|--|
| A | S | W | Индекс органов (%) | | | | | | | | | | |
| | | (г) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 110 | |
| | | | | | | | | | | | | | |

* условные обозначения приведены в примечании

Глава 9. Определение пола, стадии зрелости половых продуктов и плодовитости

Половая зрелость у разных видов рыб наступает в разном возрасте. Например, у снетка — на 1-м году жизни, у карповых — на 3—6-м году, у осетра — на 9—19-м, а у белуги — даже на 14—17-м году жизни. Такие факторы, как обилие корма, повышенные температуры, способствуют более быстрому росту и ускоренному половому созреванию. Так, плотва в Финляндии становится половозрелой в возрасте 5—6 лет, а в Южной Европе — в 3 года. Карп в волжских водохранилищах созревает в 3—4 года, а в северных районах — в 5—7 лет.

Рыбы раздельнополы, но есть исключения (морские окуни, дорады, иногда отмечается у трески, макрели, сельдей). У некоторых видов наблюдается партеногенез — развитие икры без оплодотворения (салака, тихоокеанская сельдь) и гиногенез — спермии проникают в яйцо, но слияния ядер не происходит, а в потомстве получаются одни самки (серебряный карась). В отдельных популяциях некоторых видов самцы могут вообще отсутствовать, и тогда осеменение отложенной икры осуществляется самцами других видов.

Самцы обычно созревают раньше самок. У большинства видов самки несколько крупнее самцов, но у видов, где самцы охраняют кладку, они крупнее. В нерестовый период самцы меняют окраску (брачный наряд) и форму тела. У самцов таких рыб, как сазан, плотва, лещ, на теле и голове образуются бугорки, которые определяются на ощупь. После окончания нереста отличить самку от самца без вскрытия трудно.

Большинство видов полицикличны — размножаются несколько раз в жизни. Есть моноциклические — размножаются один раз в жизни и после нереста гибнут (тихоокеанские лососи, речной угорь и др.). У большинства рыб отмечаются нерестовые миграции — переход с района нагула на места размножения. Они составляют часть годового биологического цикла, облегчают встречу половозрелых особей и обеспечивают возможность выметыва-

ния икры и развитие молоди в наиболее благоприятных условиях, повышающих их выживаемость.

По сезонам размножения рыбы делятся на 2 группы — весеннерестующие и осеннерестующие. К весеннерестующим рыбам относятся те, которые откладывают икру весной: в конце марта — начале апреля (щука, окунь, судак); в конце апреля — начале мая (сазан, лещ, карась, линь, плотва, красноперка, клепец, синец и другие). К осеннерестующим рыбам относятся те, которые откладывают икру в осенне-зимний период (сиги, налим, лососи, белорыбица и другие).

Плодовитость рыб колеблется в широких пределах, в зависимости от условий обитания, географического расположения водоема, от возраста и массы — от 2 до 900 тысяч икринок. Например, у ряпушки и стерляди плодовитость составляет от 7 до 60 тыс., у судака — от 750 до 1150 тыс., у сазана и карпа — от 750 до 2100 тыс. штук.

Различают такие понятия как абсолютная, относительная и рабочая плодовитость. *Абсолютная плодовитость* — общее число зрелых икринок, выметываемых самкой за один нерестовый период или находящихся в яичнике половозрелой самки. *Относительная плодовитость* — число икринок, приходящихся на единицу массы самки. *Рабочая плодовитость* — количество икры, которое можно получить от одной самки для целей рыборазведения. Например, у карпа и сазана рабочая плодовитость самки может достигать 500—800 тыс. икринок и более.

В разных группах костных рыб может проявляться забота о потомстве (гнезда, вынашивание в ротовой полости, в складках выводковой сумки и др.), заметно снижающая гибель икры и смертность молоди. Плодовитость таких рыб обычно меньше. Например, у лососевых икра закапывается в галечный грунт и несколько дней гнездо охраняется. Кета выметывает 2—4 тыс. икринок, горбуша — 1—2 тыс. икринок.

Выметанная теплолюбивыми рыбами икра развивается в течение 1—8 суток. При похолодании развитие растягивается на более длительный период.

В ихтиологических исследованиях обязательным является определение пола особей и стадии зрелости половых продуктов. Это позволяет судить о наличии или отсутствии полового диморфизма по тем или иным изучаемым признакам, о половом составе и структуре популяции, определить продукционные возможности исследуемой популяции и т. д.

Для определения пола, стадии зрелости половых продуктов и плодовитости рыб необходим довольно простой набор инструментов: кювета, ножницы средние и малые, пинцеты средний и глазной и марлевые салфетки.

После вскрытия рыбы и препарирования гонад по их внешнему виду определяют пол: при наличии яичников — самка, при наличии семенников — самец. У личинок и мальков пол определяется при помощи бинокуляра. Обозначают пол следующими условными знаками: х (♀) — самка, у (♂) — самец, juv — неполовозрелые особи.

Яичники — синтезируют женские половые гормоны: эстроген — стимулирует развитие вторичных женских признаков, способствует появлению полового поведения, стимулирует синтез белков, способствует задержке в организме Na, Ca, F, H₂O и снижает секрецию ФСГ; прогестерон — стимулирует выработку ФСГ и подавляет секрецию ЛГ.

Семенники — синтезируют мужские половые гормоны (наиболее активный — тестостерон), которые влияют на особенности телосложения самцов, появление брачного наряда, половое поведение, в низких концентрациях — усиливают сперматогенез, в высоких — снижают сперматогенез.

Детальное описание внешнего вида половых желез используется при определении стадий зрелости половых продуктов (Жаков, Меншуткин, 1982):

Самки

Стадия 1-я (ювинальная). Яичник одиночный в виде небольшого прозрачного удлинённого тела, в котором еще не видны отдельные икринки. Стадия эта длится до середины второго лета жизни рыбы.

Стадия 2-я. Яичник стекловидно-прозрачный. Икринки очень мелкие, различимы невооруженным глазом.

Стадия 3-я. Яичник теряет прозрачность, четко видны крупные икринки.

Стадия 4-я. Яичник занимает большую часть брюшной полости. Икринки неправильной многогранной формы (при разрушении оболочки яичника становятся шарообразными), плотно связаны с тканями яичника. Цвет желтый.

Стадия 5-я. Икра текучая и выбрасывается в один прием.

Стадия 6-я (посленерестовая). Яичник сильно сжался после опадания стенок, стал мягкий на ощупь. После нее наступает 2-я стадия зрелости.

Самцы

Стадия 1-я (ювинальная). Половая железа в виде двух очень тонких и коротких стекловидных бледно-розовых полосок.

Стадия 2-я. Семенники имеют вид двух тонких и округлых тяжиков мутного бледно-розового цвета.

Стадия 3-я. Семенники упругие, розовато-серого цвета, занимают почти половину полости тела. В более поздний срок они достигают длины зрелой железы и имеют вид упругих, достаточно толстых тяжей бледно-желтого и даже почти белого цвета. Спермы еще нет.

Стадия 4-я (созревание). Семенники больших размеров и имеют молочно-белый цвет, занимают всю полость тела.

Стадия 5-я. Семенники очень набухшие, в состоянии полной зрелости достигают максимального размера, молочно-белого цвета. При надавливании на брюшко рыбы обильно выделяется сперма.

Стадия 6-я (выбой). Семенники полностью освобождены от спермы и представляют собой два тонких тяжа. Сильно укорачиваются и приближаются по величине и форме ко 2-й стадии.

Существует схема определения зрелости гонад, предложенная Киселевичем (табл. 5)

Схема определения зрелости гонад

| Стадия зрелости | Состояние гонад | |
|---|---|--|
| | самки | самцы |
| I неполовозре- лые (ювинальные) | Половые железы не развиты, плотно прилегают к внутренней стороне стенок тела. Представлены длинными тонкими шнурами. Глазомерно пол определить нельзя | |
| II созревающие особи в период цитоплазматического роста гонад | Пол различается. По яичнику проходит толстый кровеносный сосуд. Икринки невооруженным глазом не видны | На семенниках есть небольшие утолщения. Кровеносного сосуда по середине молок нет |
| III трофоплазматический рост гонад | Яичники занимают 1/3—1/2 часть брюшной полости. Икринки прозрачны, отделяются комочками при соскабливании | Семенники расширены спереди и сужены кзади, розоватые |
| IV преднерестная | Яичники занимают 2/3 брюшной полости. Икринки прозрачны, крупны, при надавливании вытекают | Семенники белые, наполнены жидкими молоками, которые вытекают при надавливании. При разрезе края округляются |
| V текучие особи | Икра вытекает струей при надавливании или положении рыбы вверх головой | Молоки вытекают при легком надавливании брюшка |
| VI отнерестившиеся особи (выбой) | Половые продукты выметаны. Яичники дряблы, воспалены. Происходит возврат ко II стадии | Возврат во II стадию. Уменьшение в размерах |

Различают плодовитость: индивидуальную (абсолютная, относительная и рабочая), популяционную, видовую (абсолютная и относительная) (Иоганзен, 1955).

Индивидуальная

- Индивидуальная абсолютная — общее количество икринок, выметываемых самкой за один нерестовый период.
- Индивидуальная относительная — количество икры, приходящееся на единицу веса самки.
- Рабочая — количество икры, которое можно получить от одной самки для целей рыборазведения (этот термин употребляется лишь в рыбоводстве).

Видовая

- Видовая абсолютная — сумма икринок, откладываемых самкой в продолжении всей жизни.
- Видовая относительная показывает суммарную производительность яиц на единицу массы тела рыбы за всю ее жизнь.

Для определения видовой плодовитости используют формулу С. А. Северцова (1941):

$$q = \sqrt[js]{1+r} + \sqrt[js]{p},$$

где q — видовая плодовитость;

r — индивидуальная плодовитость;

j — возраст при наступлении половой зрелости;

p — период между икрометаниями;

s — отношение числа самок к числу самцов.

Для определения популяционной плодовитости используют формулу В. С. Ивлева (1953):

$$R = \frac{k_{\sum_{t^1}^{t^2}}^2 k p n_{\sum_{t^1}^{t^2}}^2 \frac{p f}{f+m}}{100_{\sum_{t^1}^{t^2}}^2 p t},$$

где R — показатель популяционной плодовитости;

t — возраст в годах;

t^1 — возраст, при котором наступает половозрелость;

t^2 — возраст, при котором особи прекращают нереститься (максимальный возраст рыб в популяции);

p — относительная величина данной возрастной группы, выраженная в % от общего количества половозрелых рыб;

n — абсолютная плодовитость одной самки данного возраста;

f — число самок в средней пробе;

m — число самцов в средней пробе;

k — число икрометаний в течение года.

Методы определения плодовитости

При взятии проб на плодовитость каждую самку нужно измерить и взвесить. Затем рыба вскрывается, весь яичник взвешивается и от него отделяется проба для просчета. Для определения плодовитости обычно используют два метода — весовой и объемный.

1. Весовой — проба взвешивается на аптекарских весах, кладется в баночку, которая снабжена этикеткой, и заливается слабым 2%-м раствором формалина. Эта проба не должна быть большой: у лососей — до 20 г, у ряпушки — до 0,5 г, т. е. чем меньше икринки, тем меньше навеска. Для определения средних размеров икринок рекомендуется взять 10 икринок, расположить их по прямой линии, определить циркулем длину этой линии и, разделив ее на 10, получить средний диаметр (d) икринок.

2. Объемный — взвешивается вся икра, затем берется 2—3 пробы и заполняется ими 25 см³ градуированной мензурки, точно просчитывается число икринок в этом объеме сосуда и по этой пробе определяется количество всей взятой из рыбы икры, объем которой известен. Метод применяют для просчета крупной икры.

Глава 10. Жирность, упитанность и индекс наполнения кишечника

При исследовании динамики индексов внутренних органов рыб для полного морфофизиологического анализа представляет интерес оценить их жирность, упитанность и наполнение кишечника.

Для определения жирности рыб используют 5-балльную шкалу (Правдин, 1966):

Балл 0. Жиры на кишечнике нет. Иногда кишечник покрыт тонкой белой пленкой. Между петлями кишечника видны нитевидные образования этой пленки.

Балл 1. Тонкая шнуровидная полоска жира расположена между вторым и третьим отделом кишечника. Иногда по верхнему краю второго отдела проходит очень узкая прерывающаяся полоска жира.

Балл 2. Неширокая полоска довольно плотного жира между вторым и третьим отделами кишечника. По верхнему краю второго отдела идет узкая непрерывная полоска жира. По нижнему краю третьего отдела кое-где виден жир отдельными небольшими участками.

Балл 3. Широкая полоска жира между вторым и третьим отделами кишечника. В петле между вторым и третьим отделами эта полоска расширяется. По верхнему краю второго отдела и нижнему краю третьего идут широкие жирные полосы. У первого изгиба кишечника имеется жировой вырост в виде треугольника. Анальный конец кишечника в подавляющем большинстве случаев залит тонким слоем жира.

Балл 4. Кишечник почти целиком залит жиром за исключением маленьких пространств, где видна кишка. Эти просветы обычно бывают на второй петле и на втором отделе. Жировые наросты на обеих петлях мощные.

Балл 5. Весь кишечник залит толстым слоем жира. Нет никаких просветов. Мощные жировые выросты на обеих петлях кишечника.

Упитанность рыбы можно определять по Т. Фултону и по Е. Кларку:

$$Q_{\phi} = \frac{100W}{l^3};$$

$$Q_{\kappa} = \frac{100w}{l^3},$$

где Q — коэффициент упитанности;

l — длина рыбы;

W — масса рыбы;

w — масса рыбы без внутренних органов.

Существуют и другие формулы для определения упитанности рыб, они более сложные.

Шкала для определения наполнения кишечного тракта:

0 — пусто,

1 — единично,

2 — малое наполнение,

3 — среднее наполнение,

4 — много пищи (кишечник полный),

5 — масса (кишечник растянут).

Общий индекс наполнения кишечника (I_n) определяют по следующей формуле:

$$I_n = \frac{\text{масса пищевого комка, г} \times 10000}{\text{масса рыбы, г}}.$$

Результаты жирности, упитанности и индекса наполнения кишечника заносят либо в специально подготовленные рабочие тетради, либо дополняют таблицу 3 (с массой органов) тремя новыми столбцами.

Глава 11. Статистическая обработка материалов

В ходе ихтиологических исследований наряду с качественными характеристиками объекта получают и количественные характеристики, которые требуют объективной оценки и научного объяснения. И для этого находят широкое применение разнообразные методы и приемы биометрии.

Исследование наиболее характерных (выраженных в средних величинах) признаков различных групп рыб, изучение возрастной, половой и сезонной динамики индексов органов, выявление достоверности различий между популяциями одного и того же вида, живущими в разных условиях обитания, требуют проведения статистического анализа полученных данных. Для анализа возрастной и половой изменчивости индексов внутренних органов весь материал разбивается на возрастные группы (отдельно для самок и самцов) и проводится их статистическая обработка.

В данном пособии изложены простейшие приемы статистической обработки данных, которыми должны овладеть студенты. Наша задача — ознакомить студента с элементарной первичной статистической обработкой полученных данных в ходе ихтиологических исследований. Более глубокая детальная статистическая обработка может быть проведена после изучения методов и приемов биометрии, подробное описание которых можно найти в литературе (Бейли, 1964; Урбах, 1964; Плохинский, 1970; Лакин, 1980; Ивантер, Коросов, 1992, и др.).

Статистическая обработка данных проводится в следующем порядке:

1. Средняя величина признака (M). Средней величиной вариационного ряда является среднее арифметическое из всех его вариантов. Общая формула средней арифметической:

$$M = \frac{\sum V}{n},$$

где M — средняя арифметическая;

$\sum V$ — сумма значений всех вариантов выборки;

n — объем выборки.

Однако следует знать, что существуют и другие способы вычисления средней величины.

2. Среднее квадратичное отклонение (σ) — мера разнообразия признака входящих в группу объектов, показывает, на сколько в среднем отклоняется каждая варианта от среднего арифметического. Сигма показывает, на сколько в среднем отклоняется каждая особь от среднего арифметического (мера варьирования признака). Для вычисления используют формулу:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (V - M)^2}{n - 1}},$$

где σ — среднее квадратичное отклонение;

V — значение признака у каждого объекта в группе;

M — среднее арифметическое признака;

n — число вариант;

Σ — сумма.

3. Ошибка средней арифметической ($\pm m$) показывает возможное колебание средней арифметической. Ошибка средней арифметической показывает, в каких пределах могут отклоняться от параметров генеральной совокупности частные определения, полученные на основании конкретных выборок.

$$m = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}},$$

где σ — среднее квадратичное отклонение;

m — ошибка средней арифметической;

n — число вариант.

4. Коэффициент вариации (CV) — это процентное отношение среднего квадратичного отклонения к средней величине ряда. Коэффициент вариации показывает, какую долю в процентах составляет σ от M . Он необходим для освобождения от влияния величины самого признака.

$$CV = \frac{\sigma 100\%}{M},$$

где CV — коэффициент вариации; σ — среднее квадратичное отклонение; M — среднее арифметическое признака.

5. Критерий Стьюдента применяется для сравнения между собой независимых средних арифметических двух разных групп организмов. Например, для сравнительной характеристики популяций одного и того же вида рыб из двух разных водоемов и анализа степени влияния среды обитания на индексы органов, а также выявления достоверности различий рассчитывается критерий Стьюдента. Следует обратить внимание, что критерий Стьюдента имеет смысл только для сравнения одномерных или одновозрастных выборок.

$$T = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}},$$

где M_1 и M_2 — средние арифметические значений сравниваемых признаков;

m_1 и m_2 — статистические ошибки соответствующих средних арифметических.

Для оценки уровня достоверности различий сравниваемых признаков необходимо пользоваться таблицей Стьюдента или правилом трех сигм (Ивантер, Коросов 1992). Если полученное значение критерия больше табличного при заданном уровне значимости (0,05) и установленном числе степеней свободы ($n-1$), то различия достоверны.

По правилу трех сигм, если $T \geq 3$, то различия достоверны с вероятностью не менее 0,99 при уровне значимости 0,01. Если $T < 3$, то различия недостоверны. Однако для биологических исследований достоверными считаются различия с вероятностью 0,95 при уровне значимости 0,05 и, следовательно, если $T \geq 2$.

Построение графиков. Исходя из задач исследований на основании результатов, занесенных в таблицы, строятся графики (диаграммы, гистограммы).

Возрастной состав особей в популяции. Считают количество особей разных возрастных групп в выборке. Данные по количеству особей разных возрастов пересчитывают в проценты, при этом общее количество рыб в выборке принимают за 100 %. На диаграмме отражено именно процентное соотношение отдельных возрастных групп в популяции. Как правило, это соотношение

принимает вид нормального распределения возрастных групп. То есть небольшое количество особей младших и старших возрастов и максимальное — среднего возраста. Однако может быть и отклонение от нормального распределения в ту или другую сторону. Это требует либо объяснения, либо повторного исследования.

Половой состав. Подсчитывают в выборке общее количество особей мужского и женского полов. И находят процентное соотношение полов в выборке. Также рассчитывают количество самок и самцов в разновозрастных группах, при этом пересчитывают в процентах, принимая за 100 % общее количество самок в выборке и также для самцов. Можно вычислить процентное соотношение полов в отдельных возрастных группах.

Размерно-весовой состав. Рассчитанные средние параметры массы и длины разновозрастных групп можно представить на одной диаграмме или на разных. В диаграмме должны быть указаны ошибки средних арифметических по массе и длине рыб. Отдельно можно представить данные по самкам и самцам.

Индексы органов разновозрастных особей одного вида и отдельно для самок и самцов (рис. 7).

В таблице приведены материалы по индексам внутренних органов ерша и по этим данным построена диаграмма. Необходимо обратить внимание на то, что в диаграмме должны быть указаны и ошибки средних арифметических по индексам органов. Это дает возможность наглядно оценить достоверность различий по индексам органов между особями разных возрастов.

По материалам сезонной изменчивости относительной массы органов (образец табл. 6) строятся соответствующие графики или гистограммы (рис. 8).

Таким образом, в результате выполненной работы получается статистически обработанный наглядный материал (в виде таблиц, графиков и гистограмм), который дает возможность его дальнейшего анализа и использования для решения как теоретических, так и практических задач.

Далее показаны конкретные примеры приведения полученных результатов в таблицах и графиках.

Все полученные результаты по полу, массе, длине рыб, по каждому органу разновозрастных особей одного вида рыб заносятся в таблицу, образец которой приводится ниже (табл. 6). Аналогичные таблицы составляются отдельно для самок и самцов. Такой же принцип составления таблиц используется для характеристики сезонной динамики относительного веса органов (табл. 7).

Таблица 6

**Индексы органов разновозрастных особей одного вида
(самки +самцы)**

| Возраст | 1+ | 2+ | 3+ | 4+ | 5+ | 6+ | 7+ | 8+ |
|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| М | | | | | | | | |
| m | | | | | | | | |
| σ | | | | | | | | |
| CV | | | | | | | | |

Таблица 7

Сезонная динамика индекса органа (самки + самцы)

| Месяцы | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|----------|---|----|-----|----|---|----|-----|------|----|---|----|-----|
| М | | | | | | | | | | | | |
| m | | | | | | | | | | | | |
| σ | | | | | | | | | | | | |
| CV | | | | | | | | | | | | |

Список литературы

Жаков Л. А., Менишуткин В. В. Практические занятия по ихтиологии. Ярославль, 1982. 112 с.

Зиновьев Е. А., Мандрица С. А. Методы исследования пресноводных рыб. Пермь, 2003. 113 с.

Иоганзен Б. Г. К изучению плодовитости рыб // Тр. Томского государственного университета. 1955. Т. 121. С. 78.

Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1980. 238 с.

Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищепромиздат, 1966. 376 с.

Применение метода морфофизиологических индикаторов для оценки качественного состава рыб: методические указания. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1997. 20 с.

Смирнов В. С., Божко А. М., Рыжков Л. П., Добринская Л. А. Применение метода морфофизиологических индикаторов в экологии рыб. Петрозаводск: Карелия, 1972. 169 с.

Чугунова Н. И. Методика изучения возраста и роста рыб. М.: Советская наука, 1952. 115 с.

Учебное издание

Рыжков Леонид Павлович
Дзюбук Ирина Михайловна
Кучко Тамара Юрьевна

ИХТИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ВОДОЕМАХ

*Учебное пособие
для студентов эколого-биологического
и агротехнического факультетов*

Корректор *Л. П. Соколова*
Компьютерная верстка *Т. Д. Шестаковой*

Подписано в печать 10.12.2013. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. 3 уч.-изд. л. Тираж 100 экз. Изд. № 396.

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Отпечатано в типографии Издательства ПетрГУ
185910, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33

ISBN 978-5-8021-1942-6



9 785802 119426